بسم الله الرحمن الرحیم

فیزیک(۱) و آزمایشگاه

سال اوّل دبیرستان

۱۳۹۱

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی**

نام کتاب : **فیزیک (۱) و آزمایشگاه سال اوّل دبیرستان ـ ۲۰۶/۲**

شورای برنامه‌ریزی : **احمد احمدی، دکتر اعظم پورقاضی،دکتر محمّد سپهری‌راد،سیّدمهدی شیوایی، دکتر حسن عزیزی،شیرین فراهانی و غلامعلی محمودزاده**

مؤلفان : **اعظم پورقاضی، سیّدمهدی شیوایی،حسن عزیزی و غلامعلی محمودزاده**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ چاپ و توزیع کتاب‌های درسی**

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت: www.chap.sch.ir

رسام : **هدیه بندار**

صفحه‌آرا : **فائزه محسن‌شیرازی**

طراح جلد : **محمدحسن معماری**

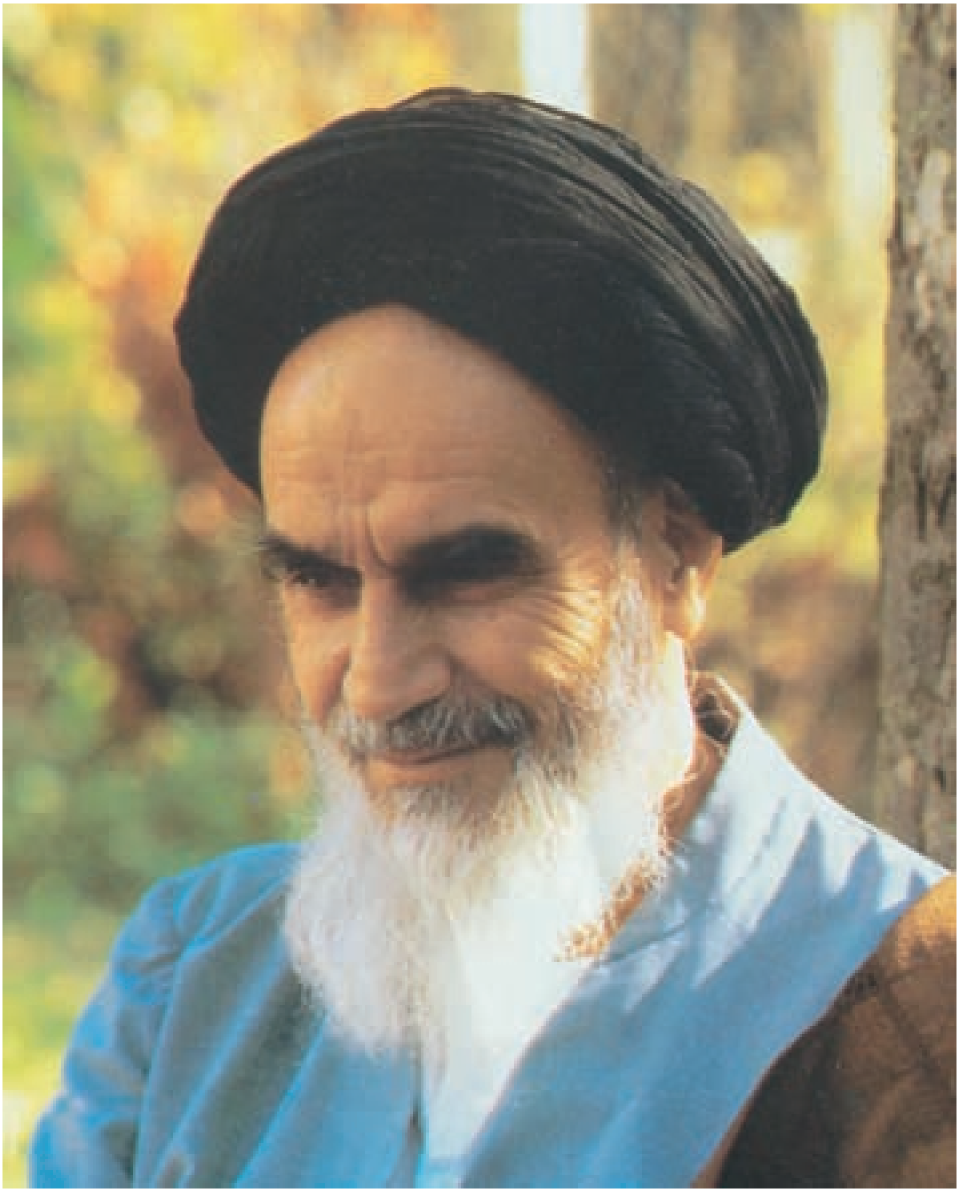
ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)**

تلفن: ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران«سهامی خاص»**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ چهاردهم ۱۳۹۱**

ISBN 964-05-0450-5 شابک ۵-۰۴۵۰-۰۵-۹۶۴



شما متوقع نباشید که همین امروز بتوانید طیاره درست کنید، میگ درست کنید. البته الان نمی‌شود ؛ اما مأیوس نباشید از اینکه نمی‌توانیم درست کنیم. باید بیدار شوید، بروید دنبال اینکه آن صنایع پیشرفته را خودتان درست کنید. وقتی این فکر در یک ملتی پیدا شد و این اراده در یک ملتی پیدا شد کوشش می‌کند و دنبال کوشش، این مطلب حاصل می‌شود.

امام خمینی

فهرست

پیشگفتار

سخنی با دانش‌آموزان عزیز

شما در کتاب‌های علوم تجربی دوره‌ی ابتدایی و راهنمایی با پدیده‌های مختلفی آشنا شده‌اید و می‌دانید که علوم‌تجربی را می‌توان به دو شاخه‌ی «علوم فیزیکی» و «علوم زیستی» تقسیم کرد.

علوم فیزیکی به مطالعه و بررسی پدیده‌های مربوط به ماده و انرژی و رابطه‌ی آن‌ها با یک‌دیگر می‌پردازد و علوم زیستی همین پدیده‌ها را در دنیای زنده مورد بررسی قرار می‌دهد. در علوم فیزیکی، مفهوم‌ها بیش‌تر شامل موضوع‌هایی از فیزیک و شیمی است.

اکنون که شما به دوره‌ی دبیرستان وارد شده‌اید با برخی از موضوع‌ها و مفهوم‌های فیزیک، زیست‌شناسی، شیمی و زمین‌شناسی که تشکیل‌دهنده‌ی علوم تجربی‌اند، به طور جداگانه آشنا می‌شوید.

فیزیک واژه‌ای یونانی و در لغت به معنای طبیعت است؛ بنابراین علمِ فیزیک، پدیده‌های طبیعی را مورد بحث و بررسی قرار داده و در پی کشف راز و رمز این پدیده‌هاست. در این شاخه از دانش، بشر می‌کوشد علت بروز هر پدیده را دریابد و به کمک آن رفتار طبیعت را قانونمند ببیند؛ که درنتیجه، از یک طرف رفتارهای آینده‌ی طبیعت را پیش‌بینی می‌کند و از طرف دیگر در فنّاوری و صنعت با ساخت ابزارها و ماشین‌ها، زندگی را راحت‌تر و ایمن‌تر خواهد کرد.

درکتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه، شما با چند مبحث از دانش فیزیک آشنا می‌شوید. سعی شده است موضوع‌هایی که در زندگی روزانه به عنوان یک شهروند، با آن‌ها بیش‌تر سروکار دارید، آورده شود.

در این کتاب برای شما فعالیت‌هایی درنظر گرفته شده است که باید به‌طور گروهی انجام دهید. با انجام این فعالیت‌ها با مفهوم‌های فیزیکی بیش‌تر آشنا شده و آن‌ها را بهتر درک خواهید کرد. پس از انجام هر فعالیت نتیجه‌ی آن را به کلاس درس ارائه دهید تا دانش‌آموزان دیگر نیز در جریان کارهای شما قرار گیرند.

سخنی با همکاران محترم

درس فیزیک ۱ و آزمایشگاه، درسی عمومی است که تمام دانش‌آموزان دوره‌ی متوسطه آن را می‌گذرانند. به‌همین دلیل سعی شده است مبحث‌هایی از فیزیک که یک شهروند به آن‌ها نیاز بیش‌تری دارد انتخاب و آورده شود. تردیدی نیست که موضوع‌های دیگری نیز وجود دارند که یک شهروند به دانستن آن‌ها نیازمند است؛ اما کمیِ وقت اجازه‌ی مطرح کردن همه‌ی آن‌ها را نمی‌دهد. بنابراین سعی شده که همین بخش‌ها به نحوی نگارش شود تا دانش‌آموز را به تفکر وادارد و با بررسی مسائل راه و روش حل آن‌ها را کشف کند. ما به عنوان معلم باید توان خود را در جهت بارور کردن استعدادهای دانش‌آموزان به‌کار گیریم و به آن‌ها راه و روش یادگیری را بیاموزیم.

امید است که همکاران گرامی در این راه تلاش کنند و همّ خود را به‌کار گیرند تا دانش‌آموزان با انجام فعالیت‌های کتاب به‌طور گروهی، خود در فرآیند «یاددهی ــ یادگیری» شرکت کنند و شما بیش‌تر راهنمای آن‌ها باشید تا یاددهنده. انتظار می‌رود همکاران گرامی در عمق‌بخشیدن به مطالب کتاب اهتمام ورزند و هرجا که لازم می‌دانند با تکیه بر تجربه‌ی خود و دیگر همکاران، فعالیت و یا آزمایشی را که به یادگیری بهتر دانش‌آموز کمک می‌کند، طراحی کرده و دانش‌آموزان را به‌طور گروهی بر انجام آن‌ها ترغیب کنند و از آنان بخواهند که گزارش کار، پیشنهادها و نتایجی را که از فعالیت‌ها می‌گیرند، در دفتر گزارش کار خود ثبت کرده و به کلاس درس ارائه دهند. چگونگی ارائه‌ی این گزارش می‌تواند به‌عنوان یکی از ملاک‌های ارزشیابی مورد توجه قرار گیرد.

به‌دنبال تغییر و تحول در کتاب‌های درسی علوم دوره‌های ابتدایی و راهنمایی و اجرای طرح جدید آموزش علوم، که تا پایان سال تحصیلی ۸۲ــ ۸۱ همه‌ی دانش‌آموزان دوره‌های ابتدایی و راهنمایی براساس این طرح جدید آموزش دیده‌اند. لذا با توجه به این که بعضی از مباحث کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه با کتاب‌های جدید علوم دوره‌ی راهنمایی همپوشانی داشت، این کتاب در نیمه‌ی دوم سال ۸۱ در گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی با همکاری خانم‌ها : **دکتر منیژه رهبر، احترام اسماعیلی و مهرناز طلوع شمس** و آقایان : **احمد احمدی، محمدعلی پزشپور، اسماعیل حیدری‌فر، روح‌الله خلیلی بروجنی، علی‌اصغر رسایی، حسن قلمی باویل علیایی، شاهرخ لقایی، اسفندیار معتمدی و محمدحسن نیکونژاد** مورد تجدید نظر قرار گرفت.

گروه فیزیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی از دریافت نظرها و پیشنهادهای دبیران، صاحب‌نظران و دانش‌آموزان کنجکاو درباره‌ی کتاب‌های فیزیک، جهت رفع لغزش‌ها و اشتباه‌ها به گرمی استقبال می‌کند. نظرهای اصلاحی خود را از طریق نامه به نشانی تهران ــ صندوق پستی ۱۵۸۵۵/۳۶۳ ــ گروه فیزیک و یا نشانی الکترونیک physics-dept@talif.sch.ir ارسال فرمایید.

گروه فیزیک

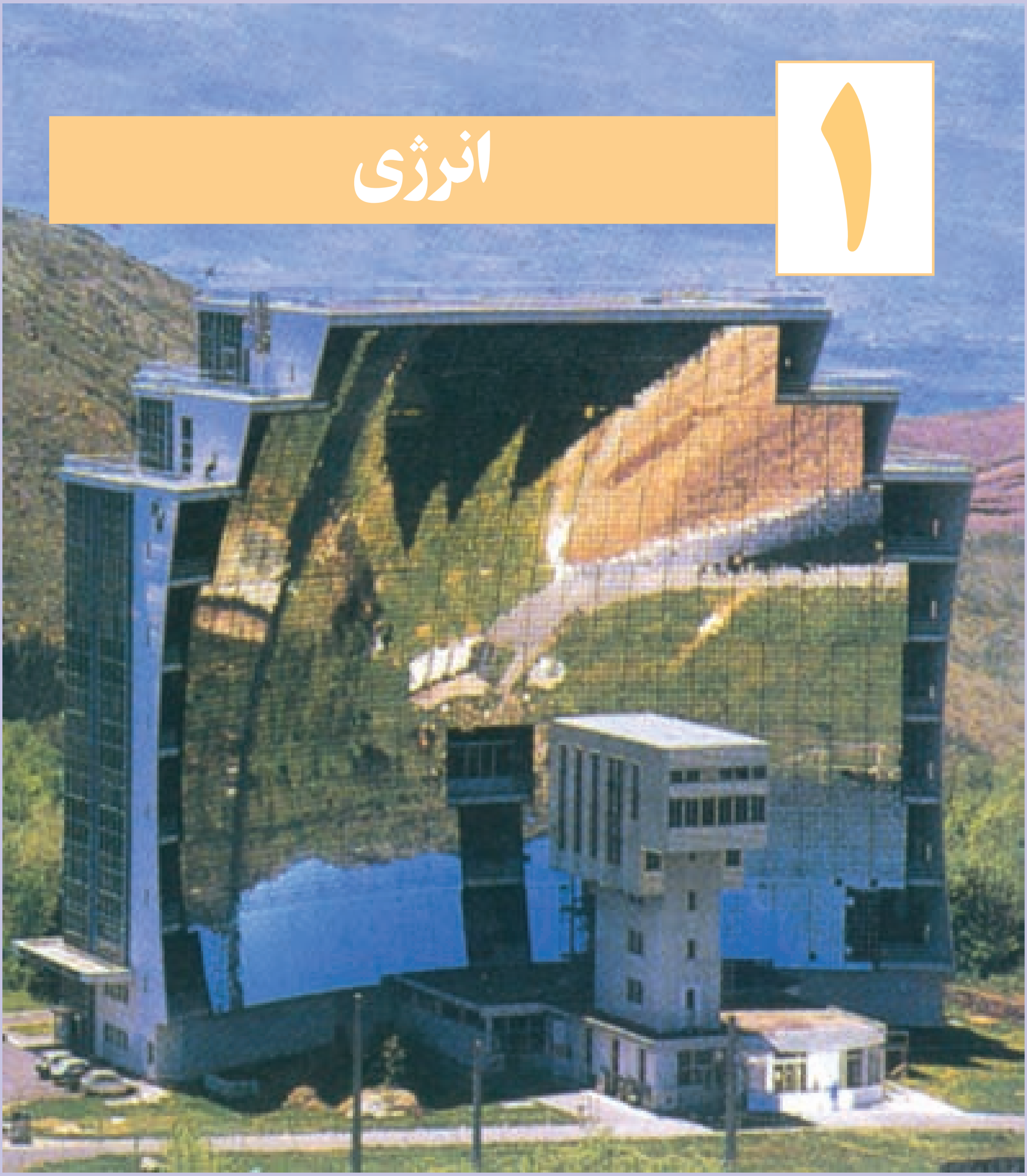
http://physics-dept.talif.sch.ir

معلمان محترم، صاحب‌نظران، دانش‌آموزان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظر اصلاحی خود را درباره‌ی مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران ـ صندوق پستی ۳۶۳ ۱۵۸۵۵ ـ گروه درسی مربوط و یا پیام‌نگار (Email) talif@talif.sch.ir ارسال نمایند.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی

۱

انرژی



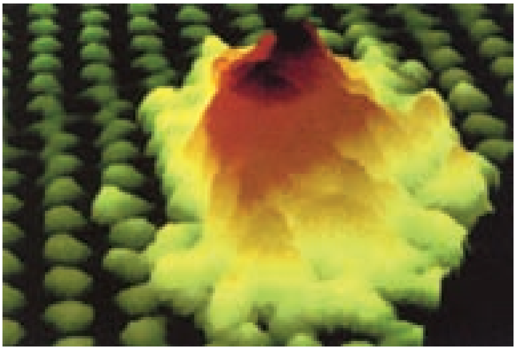
آیا می‌دانید «چگونه می‌توان انرژی تابشی خورشید را مهار کرد؟»

هنگامی‌که به اطراف خود نگاه می‌کنیم، با پدیده‌های مختلفی مواجه می‌شویم و سؤال‌های زیادی برای ما مطرح می‌شود ؛ چرا آسمان آبی است؟ ابرها چگونه تشکیل می‌شوند؟ رعد و برق چگونه ایجاد می‌شود؟ موقعیت ما در جهان چگونه است؟

در زندگی روزمره‌ی خود نیز با پرسش‌های گوناگونی روبه‌رو هستیم ؛ چرا لباس‌های پشمی برای گرم نگاه‌داشتن ما مفیدند؟ چرا وقتی بخاری را خاموش می‌کنیم، پس از مدتی اتاق سرد می‌شود؟ چرا شخصی که در کف استخر با آب زلال ایستاده است، پاهایش کوتاه‌تر به نظر می‌رسند؟

با استفاده از علم فیزیک می‌توان به این پرسش‌ها پاسخ داد. مطالعات علمی نشان داده‌اند که پدیده‌ها از قانون‌های خاصی پیروی می‌کند. هدف اصلی علم فیزیک کشف و بیان این قانون‌ها است و همان‌طورکه در این کتاب خواهید دید، پاسخ به پرسش‌ها نیز براساس این قانون‌ها صورت می‌گیرد.

امروزه فیزیک‌دانان به بررسی و مطالعه‌ی پدیده‌ها، از ذره‌های خیلی ریزی همچون اجزای تشکیل‌دهنده‌ی اتم‌ها گرفته تا اجسام بسیار بزرگی همچون ستارگان و کهکشان‌ها، می‌پردازند. شکل‌های (۱ــ۱ تا ۱ــ۸) نمونه‌ای از نتایج پژوهش‌های گسترده‌ی فیزیک‌دانان را نشان می‌دهد که موجب دگرگونی دانش و بینش ما نسبت به جهان شده است.



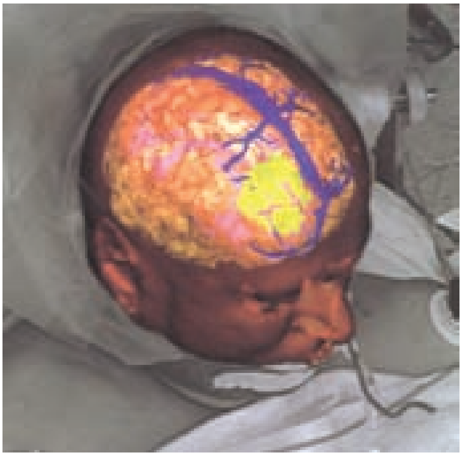
شکل ۱ــ۱ــ تصویری را که به کمک یک میکروسکوپ بسیار پیشرفته از اتم‌های طلا (نارنجی) بر سطح گرافیت (سبز) گرفته شده است، نشان می‌دهد.



شکل ۱ــ۲ــ تصویری از دست انسان که به کمک پرتوهای X گرفته شده است. این تصویر پزشک را قادر می‌سازد تا محل آسیب‌دیدگی دست و چگونگی آن را مشخص کند.



شکل ۱ــ۳ــ از تارهای نوری استفاده‌های فراوانی می‌شود که از مهم‌ترین کاربرد آن‌ها می‌توان به استفاده از تارهای نوری در انواع گوناگون وسایل ارتباطِ از دور، نظیر مکالمه‌ی تلفنی، انتقال داده‌ها با رایانه یا پخش تلویزیونی کابلی، اشاره کرد. هر چند فناوری تار نوری در سال‌های اخیر رشدی سریع و گسترده پیدا کرده است. اما بعضی ازمفاهیم اصلی مربوط به این وسیله‌ی ارتباطی، که باریکه‌های نور را هدایت می‌کند، خیلی قدیمی‌اند.



شکل ۱ــ۴ــ تصویر تومور و رگ‌های خونی مغز یک بیمار را که به‌کمک رایانه مدل‌سازی شده است، نشان می‌دهد. این تصویر، جراح را قادر می‌سازد تا پیش از عمل جراحی محل دقیق تومور را مشخص کند و درنتیجه آسیب کم‌تری به دیگر رگ‌های خونی بیمار، در حین عمل، وارد شود.



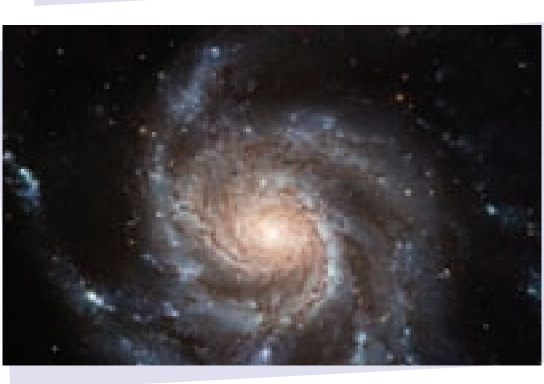
شکل ۱ــ ۵ــ تلسکوپ کِک در هاوایی. قطر آینه‌ی این تلسکوپ $10m$ است و از ۳۶ آینه‌ی ۶وجهی تشکیل شده است. اخترشناسان به کمک این تلسکوپ قادرند تصاویری واضح‌تر و دقیق‌تر از اعماق کیهان به‌دست آورند.



شکل ۱ــ۶ــ ماهواره‌ی مخابراتی اینتل‌ست ۴ که در فاصله‌ی ۳۶۰۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار گرفته و به دور آن می‌چرخد. این ماهواره قادر است اطلاعات را به صورت موج‌های الکترومغناطیسی از یک فرستنده‌ی زمینی دریافت کند و در ناحیه‌ی وسیعی از زمین پخش کند.



شکل ۱ــ۷ــ فضاپیمای تحقیقاتی سرنشین‌دار یکی از پروژه‌های پرهزینه‌ای است که با مشارکت جهانی در حال ساخت است. این ایستگاه بین‌المللی فضایی را به‌صورت قطعه‌های جدا از هم می‌سازند و در فضا به یک‌دیگر وصل می‌کنند.



شکل ۱ــ۸ــ یکی از پرسش‌های بنیادی در علوم، پرسش درباره‌ی میزان سن و نیز اندازه‌ی کیهان است. شکل روبه‌رو یکی از میلیون‌ها کهکشان جهان هستی را نشان می‌دهد که خود از میلیون‌ها ستاره تشکیل شده است. این تصویر توسط تلسکوپ فضایی هابل، که در مداری به فاصله‌ی ۵۰۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارد، گرفته شده است.

فعالیّت ۱

شما نیز به اتفاق دیگر اعضای گروه خود، فهرستی از کاربردهای فیزیک در فنّاوری تهیه کنید و به کلاس درس ارایه دهید.

موضوع انرژی در فیزیک جایگاه ویژه‌ای دارد و در زمینه‌های مختلفی مطرح می‌شود ؛ از جمله در زندگی روزمرّه‌ی ما، چگونگی تولید و مصرف آن، از لحاظ اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، زیست‌محیطی و ... اهمیت بسیار دارد. در این فصل ضمن یادآوری انواع مختلف انرژی که شما در دوره‌ی راهنمایی با آن‌ها آشنا شدید، قانون پایستگی انرژی را توضیح خواهیم داد و با کاربرد آن در حل بسیاری از مسائل آشنا خواهیم شد. در پایان نیز به بررسی برخی از منابع انرژی و همچنین چگونگی بهینه‌سازی انرژی خواهیم پرداخت.

۱ــ۱ــ انرژی و شما

بدن شما که نوجوانی فعال و در حال رشد هستید روزانه به‌طور متوسط حدود ۱۲۰۰۰ کیلوژول انرژی نیاز دارد. این انرژی را با خوردن مواد غذایی به دست می‌آورید. بعضی از غذاها، به‌ویژه غذاهای حاوی پروتئین‌ها، به سلول‌های بدن کمک می‌کنند تا سلول‌های تازه‌ی بدن را بسازند و بعضی غذاهای دیگر، مانند چربی‌ها و مواد قندی، عمدتاً انرژی لازم را برای گرم‌نگه‌داشتن بدن در دمای ۳۷°C و فعالیت‌های روزانه‌ی ما فراهم می‌کنند.

مواد غذایی، همچون سوخت‌های ماشین‌ها، دارای انرژی شیمیایی هستند و برای آزادشدن این انرژی لازم است در آن‌ها تغییرات شیمیایی صورت پذیرد.

در هر گرم از غذایی که می‌خوریم و یا سوختی که در ماشین می‌ریزیم مقداری انرژی شیمیایی ذخیره شده است. این انرژی را با یکای کیلوژول بر گرم و با نماد kJ/g بیان می‌کنند*. در جدول (۱ــ۱) انرژی شیمیایی موجود در بعضی از غذاها و سوخت‌های معمولی داده شده است. این مقدارها مشخص می‌کنند که هر گرم از یک ماده‌ی غذایی یا سوخت، بر اثر واکنش‌های شیمیایی چند کیلوژول انرژی آزاد می‌کند. مثلاً برای کره عدد ۳۰/۲ ذکر شده است. یعنی، هرگرم کره ۳۰/۲kJ انرژی برای بدن فراهم می‌کند.

* یکاها را با علامت اختصاری آن‌ها نشان می‌دهیم که معمولاً حرف اول کلمه‌ی انگلیسی آن‌هاست.

جدول ۱ـ۱ـ انرژی شیمیایی موجود در غذاها و سوخت‌های معمولی
برحسب kJ/g (کیلوژول بر گرم)

غذاهای معمولی		غذاهای معمولی		سوخت‌های معمولی	
سیب	۲/۴	چربی	۳۹/۱	زغال	۳۳/۶
حبوبات، غلّه	۵	شیر	۲/۷	نفت	۴۷/۹
کره	۳۰/۲	شیر کم‌چربی	۱/۸	گازطبیعی	۵۴/۶
هویج	۱/۸	پرتقال	۲/۱	چوب	۱۶/۸
کرفس	۰/۶	نخود	۳		
پنیر تازه	۴/۵	تخم‌مرغ	۶/۸		
مرغ	۶/۷	راسته‌ی گوساله‌ی بدون چربی	۷		
شکلات	۲۲/۲	سیب‌زمینی پخته	۳/۹		
نوشابه	۱/۵	شکر	۱۶/۸		
پلو	۴/۶	گوجه‌فرنگی	۰/۹		
انگور	۲/۹	ماهی تُن	۸/۳		
گوشت پخته	۹/۴	نان لواش	۱۱/۳		
بستنی	۹/۳				

فعالیّت ۲

فهرستی از غذاهایی که در یک روز معین مصرف می‌کنید به همراه مقدار تقریبی آن‌ها تهیه کنید. با استفاده از این فهرست و جدول (۱ـ۱) مشخص کنید که در این روز معین، بدن شما چه مقدار انرژی از این مواد غذایی کسب می‌کند.

در جدول (۱ـ۲) آهنگ مصرف انرژی در فعالیت‌های گوناگون آمده است. منظور از آهنگ مصرف انرژی این است که در یک زمان معین (مثلاً یک دقیقه در این جدول) چه مقدار انرژی مصرف می‌شود. آهنگ مصرف انرژی را توان مصرفی می‌نامیم. به‌عنوان مثال، برای خوابیدن عدد ۵ آمده است که معنی آن این است که در حالت خواب، در هر دقیقه ۵kJ انرژی مصرف می‌شود.

جدول ۱ــ۲ــ آهنگ مصرف انرژی برای فعالیت‌های گوناگون

نوع فعالیت	آهنگ مصرف انرژی (kJ/min) (کیلوژول بر دقیقه)
خواب	۵
نشستن در حال استراحت	۷/۱
ایستادن در حالت معمولی	۷/۶
نشستن در کلاس	۱۲/۶
به آرامی راه رفتن	۱۶
دوچرخه‌سواری (۱۸ــ۱۳ km/h)*	۲۳/۹
دوچرخه‌سواری (۲۱km/h)	۴۲
دوچرخه‌سواری (مسابقه)	۱۱۱/۳
تنیس	۲۶/۵
شنا (قورباغه)	۲۸/۶
بالا رفتن از پله	۴۱/۲
بسکتبال	۴۷/۹

مثال ۱

با استفاده از جدول‌های (۱ــ۱) و (۱ــ۲) تعیین کنید یک شکلات ده‌گرمی چه مقدار انرژی برای ما فراهم می‌کند و برای مصرف‌کردن آن چه مدّت زمان باید آرام راه برویم؟

پاسخ: از جدول (۱ــ۱) به‌دست می‌آید که یک گرم شکلات ۲۲/۲kJ انرژی فراهم می‌کند. درنتیجه ده گرم شکلات $(۲۲/۲\,kJ/g)\times(۱۰\,g) = ۲۲۲kJ$ انرژی تأمین می‌کند.

در جدول (۱ــ۲) مشاهده می‌شود که برای راه‌رفتن آرام در هر دقیقه ۱۶kJ انرژی مصرف می‌شود. درنتیجه، باید $(۲۲۲kJ)\div(۱۶\,kJ/min) = ۱۳/۸\,min$ راه برویم.

* کیلومتر بر ساعت را با نماد km/h نمایش می‌دهند.

تمرین ۱

الف : در ده دقیقه دوچرخه‌سواری با سرعت ۲۱km/h ، چه مقدار انرژی مصرف می‌شود؟

ب : با خوردن چه مقدار شیر این انرژی برای او فراهم می‌شود؟

۱ــ۲ــ انرژی جنبشی

انرژی‌ای که جسم‌های متحرک، صرفاً به علت حرکتشان دارند، انرژی جنبشی نامیده می‌شود. بنابراین انرژی توپی که در روی زمین در حال حرکت است، انرژی پره‌ی پنکه و... از نوع انرژی جنبشی است. انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با سرعت V حرکت می‌کند، مطابق رابطه‌ی (۱ــ۱) تعریف و محاسبه می‌شود :

$$K = \frac{1}{2} m V^2 \qquad (۱ــ۱)$$

در این رابطه، اگر m برحسب کیلوگرم (kg) و V برحسب متر برثانیه (m/s) باشد، K برحسب ژول (J) به‌دست می‌آید. این رابطه نشان می‌دهد که هر چه سرعت جسم بیش‌تر باشد، انرژی جنبشی آن بیش‌تر است.

مثال ۲

انرژی جنبشی اتومبیلی به جرم ۲۰۰۰ kg که با سرعت ۱۰m/s حرکت می‌کند، چقدر است؟

حل

$m = 2000 kg$ و $V = 10 m/s$ و $K = ?$

$$K = \frac{1}{2} m V^2$$

$$K = \frac{1}{2}(2000)(10)^2 = 100000 \ J = 100 kJ$$

تمرین ۲

گلوله‌ای به جرم ۱۰۰g و انرژی جنبشی ۲۰J با سرعت ثابت در حال حرکت است. سرعت این گلوله چقدر است؟

۱ــ۳ــ انرژی درونی

هنگامی که سماور برقی را روشن می‌کنید و یا ظرف آبی را روی شعله قرار می‌دهید، آب پس از مدتی گرم‌تر می‌شود. در اینجا، انرژی الکتریکی و یا انرژی شیمیایی مصرف شده است. این انرژی کجا رفته است؟ آیا انرژی جنبشی سماور یا ظرف افزایش یافته است؟ در مورد انرژی مصرف شده، چه می‌توان گفت؟

در این مثال می‌گوییم که چون سماور و آب انرژی جنبشی کسب نکرده‌اند، انرژی مصرف شده، باید به طریقی در سماور و یا ظرف آب موجود باشد. در این حالت نوع دیگری انرژی را معرفی می‌کنیم که انرژی درونی نامیده می‌شود. در مورد مثال بالا می‌گوییم که **انرژی مصرف شده، باعث افزایش انرژی درونی سماور یا ظرف آب شده است**. انرژی درونی یک جسم، مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل دهنده‌ی آن است. معمولاً بالا رفتن انرژی درونی جسم به صورت گرم‌تر شدن آن ظاهر می‌شود.

برای چند ثانیه کف دست‌های خود را به هم بمالید (تولید انرژی جنبشی). مشاهده می‌کنید که دست‌های شما گرم‌تر می‌شوند. در این حالت انرژی جنبشی دست‌ها کجا رفته است؟ چون دست‌هایتان گرم‌تر شده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که انرژی درونی آن‌ها افزایش یافته است. درنتیجه می‌توان گفت که، در اثر مالش، انرژی جنبشی دست‌ها به انرژی درونی آن‌ها تبدیل شده است.

پاسخ دهید ۱

۱ــ توپی را که در روی زمین در حال حرکت است، در نظر بگیرید. سرعت توپ رفته‌رفته کم شده و بالاخره متوقف می‌شود. انرژی جنبشی توپ کجا رفته است؟

۲ــ پنکه‌ای را که روشن است خاموش می‌کنیم. پنکه پس از مدتی متوقف می‌شود. انرژی جنبشی پره‌ی پنکه کجا رفته است؟

از آنچه گفته شد، می‌توان نتیجه گرفت که :

در اثر مالش دو سطح بر روی یک‌دیگر، مقداری انرژی به انرژی درونی دو جسم تبدیل می‌شود. در این‌گونه موارد، اصطلاحاً می‌گوییم انرژی تلف شده است. در واقع، همان‌طورکه اشاره شد، در این حالت انرژی تلف نشده است، بلکه به انرژی درونی دو جسم تبدیل شده است ولی چون این انرژی را نمی‌توان عملاً مورد استفاده قرار داد، از اصطلاح «تلف‌شدن» استفاده می‌شود. معمولاً به جای مالش واژه‌ی اصطکاک به‌کار می‌رود و در این حالت گفته می‌شود که بین دو سطح اصطکاک وجود دارد.

تمرین ۳

اتومبیلی به جرم، ۱۰۰۰kg با سرعت ۲۰ m/s (۷۲ km/h) در حال حرکت است. اگر اتومبیل ترمز کند و متوقف شود، چه مقدار انرژی به انرژی درونی جاده و لاستیک‌ها تبدیل می‌شود؟

پاسخ دهید ۲

در فصل سوم کتاب علوم تجربی سال اول راهنمایی با **اثر گرما بر حالت مواد** آشنا شدید. با توجه به آنچه تاکنون فرا گرفته‌اید حالت‌هایی را نام ببرید که :

الف : افزایش انرژی درونی جسم به‌صورت گرم‌ترشدن آن ظاهر می‌شود.

ب : افزایش انرژی درونی جسم به‌صورت گرم‌ترشدن آن ظاهر نمی‌شود.

۱ــ۴ــ قانون پایستگی انرژی

فرض کنید احمد مقداری پول (مثلاً ۱۰۰۰۰ ریال به صورت یک اسکناس ۵۰۰۰ ریالی، دو اسکناس ۲۰۰۰ ریالی و یک اسکناس ۱۰۰۰ ریالی) دارد. احمد پس از مدتی پول خود را می‌شمارد و متوجه می‌شود که مقدار آن کم‌تر (مثلاً ۸۰۰۰ ریال) شده است. او چه فکر می‌کند؟ آیا او فکر می‌کند که یک اسکناس ۲۰۰۰ ریالی خود به خود در جیب او از بین رفته است؟ خیر، او به یاد می‌آورد که مثلاً

آن را در مدرسه خرج کرده و یا به دوستش قرض داده است و بالاخره توجیهی برای کم شدن پول پیدا می‌کند. همچنین، ممکن است پس از شمارش دریابد که پولش زیاد (مثلاً ۱۲۰۰۰ ریال) شده است. آیا او فکر خواهد کرد که پول خودبه‌خود در جیبش به‌وجود آمده است؟ خیر، او پس از فکر کردن به یاد می‌آورد که مثلاً از دوستش طلب داشته و او قرض خود را ادا کرده است.

از این مثال می‌توان نتیجه گرفت که : پول احمد هیچگاه از بین نمی‌رود و خودبه‌خود نیز به‌وجود نمی‌آید و همواره ثابت می‌ماند، مگر این که مقداری از آن را به فرد دیگری (به دوستش یا فروشنده و...) بدهد و یا این که مقداری پول از کسی دریافت کند.

انرژی یک جسم نیز چنین رفتاری دارد و **قانون پایستگی انرژی** نیز این رفتار را بیان می‌کند. بنا بر این قانون :

انرژی یک جسم هیچ‌گاه از بین نمی‌رود و خودبه‌خود نیز به‌وجود نمی‌آید و همواره پایسته (ثابت) می‌ماند، مگر این‌که مقداری از آن را به جسم دیگری بدهد و یا این که از یک جسم دیگر انرژی دریافت کند.

مثال ۳

یک توپ ساکن را در نظر بگیرید. با پا به آن ضربه‌ای می‌زنید و توپ شروع به حرکت می‌کند. این آزمایش را با قانون پایستگی انرژی توضیح دهید.

پاسخ: بنابر این قانون، اگر انرژی به توپ منتقل نشود، انرژی آن باید پایسته بماند. درنتیجه تا وقتی به توپ ضربه زده نشده است، توپ ساکن می‌ماند. در اثر ضربه، به آن انرژی منتقل می‌شود و شروع به حرکت می‌کند.

تمرین ۴

در مثال ۳، اگر در اثر ضربه، ۵ ژول انرژی به توپ منتقل شود و جرم توپ ۰/۵ کیلوگرم باشد، سرعت آن چقدر می‌شود؟

مثال ۴

در شکل (۱ــ۹) توپ‌های ۱ و ۲ را در نظر بگیرید که روی زمین ساکن‌اند. به‌توپ ۱ طوری ضربه می‌زنیم که به طرف توپ ۲ حرکت کند. پس از برخورد آن‌ها، توپ ۲ شروع به حرکت می‌کند و سرعت توپ ۱ کاهش می‌یابد. قانون پایستگی انرژی را برای توپ‌های ۱ و۲ به‌کار برید.



شکل ۱ــ ۹

پاسخ: بنابر این قانون، مقداری از انرژی توپ ۱ در اثر برخورد به توپ ۲ منتقل شده و انرژی توپ ۱ کاهش یافته است. انرژی توپ ۲ به علت دریافت کردن انرژی از توپ ۱، افزایش یافته است.

در این مثال‌ها دیدید که انرژی جسم ثابت می‌ماند، مگر این که به طریقی به آن انرژی داده یا از آن انرژی گرفته شود. اکنون یک حالت جدید را بررسی می‌کنیم. اتومبیلی را در نظر بگیرید که ساکن است. راننده، اتومبیل را روشن می‌کند و در یک جاده‌ی افقی شروع به حرکت می‌کند. اتومبیل از جسم دیگری انرژی دریافت نکرده است. انرژی جنبشی آن از کجا آمده است؟ برای بررسی این وضع، به مثال پول احمد برمی‌گردیم.

اگر احمد متوجه شود که فقط یک اسکناس ۱۰۰۰۰ ریالی دارد، آیا می‌توان نتیجه گرفت که پول‌های احمد خودبه‌خود به یک اسکناس ۱۰۰۰۰ ریالی تبدیل شده است؟ خیر. احمد پس از فکرکردن به یاد می‌آورد که دوستش به پول خرد احتیاج داشته و پول‌های خود را با اسکناس ۱۰۰۰۰ ریالی او عوض کرده است. یعنی، پول احمد از یک نوع به نوع دیگر تبدیل شده است.

در مورد مثال اتومبیل نیز می‌توان گفت که انرژی اتومبیل تغییر نکرده است، بلکه از یک نوع (انرژی شیمیایی) به نوع دیگری (انرژی جنبشی) تبدیل شده است. بنابراین :

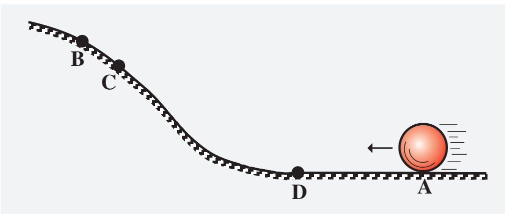
در کاربرد قانون پایستگی انرژی باید این نکته را در نظر داشته باشیم که : مقدار انرژی همواره پایسته (ثابت) می‌ماند، اما ممکن است از یک نوع به نوع دیگر تبدیل شود.

فعالیّت ۳

با بحث در گروه خود، قانون پایستگی انرژی را در مورد راه‌رفتن انسان به‌کار برید و نتیجه را به کلاس درس ارایه دهید.

۱ــ ۵ ــ انرژی پتانسیل گرانشی

فرض کنید احمد در پایین یک تپّه در نقطه‌ی A ایستاده است و به یک توپ ضربه می‌زند. توپ شروع به حرکت می‌کند و از تپّه بالا می‌رود. سرعت آن رفته‌رفته کم می‌شود و بالاخره در نقطه‌ی B برای یک لحظه متوقف می‌گردد. در این لحظه، توپ ساکن است و انرژی جنبشی ندارد. اکنون این پرسش پیش می‌آید که انرژی جنبشی توپ کجا رفته است؟ آیا تمام انرژی آن در اثر اصطکاک به انرژی درونی توپ و سطح زمین تبدیل شده است؟



شکل ۱ــ۱۰

از طرف دیگر مشاهده می‌کنیم که توپ برمی‌گردد و هر چه پایین‌تر می‌آید سرعتش بیش‌تر می‌شود. یعنی، انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد. این انرژی را از کجا کسب می‌کند؟

از بیان‌های بالا نتیجه می‌گیریم که توپ درنقطه‌ی B نیز دارای انرژی است.

همان‌طورکه از دوره‌ی راهنمایی به یاد دارید، این نوع انرژی ــ که جسم صرفاً به علت ارتفاعش از سطح زمین دارد ــ انرژی پتانسیل گرانشی نام دارد.

پاسخ دهید ۳

الف : فرض کنید توپ را در بین راه، مثلاً نقطه‌ی C در شکل (۱ــ۱۰) متوقف کنیم. اگر آن را رها کنیم، حرکت توپ چگونه خواهد بود؟ آیا می‌توان گفت که در نقطه‌ی C توپ دارای انرژی پتانسیل گرانشی است؟

ب : اگر توپ را در نقطه‌ی D واقع در قسمت افقی مسیر در شکل (۱ــ۱۰) متوقف و سپس رها کنیم، حرکت توپ چگونه خواهد بود؟ آیا می‌توان نتیجه گرفت که توپ در نقطه‌ی D دارای انرژی پتانسیل گرانشی است؟

پ : با استفاده از قانون پایستگی انرژی، بالا رفتن توپ و برگشت آن از شیب تپّه را توضیح دهید.

ت : در شکل (۱ــ۱۰)، فرض کنید اصطکاک وجود نداشته باشد، آیا توپ می‌تواند بالاتر از نقطه‌ی B برود؟

جسمی به جرم m را که در ارتفاع h از سطح زمین قرار دارد در نظر بگیرید. انرژی پتانسیل گرانشی این جسم را U می‌نامیم. مقدار U نسبت به زمین با رابطه‌ی زیر داده می‌شود :

$$U = mgh \qquad (۱ــ۲)$$

در این رابطه مقدار g، که شتاب گرانشی زمین نامیده می‌شود، برابر با $۹/۸ m/s^۲$ است. مقدار آن را می‌توان تقریباً برابر $۱۰ m/s^۲$ در نظر گرفت.

مثال ۵

انرژی پتانسیل توپی به جرم $۰/۵kg$ که در ارتفاع ۲ متری سطح زمین قرار دارد چقدر است؟

حل

$m = ۰/۵kg$ و $h = ۲m$ و $g = ۱۰ m/s^۲$ و $U = ?$

$$U = mgh$$

$$= ۰/۵ \times ۱۰ \times ۲$$

$$= ۱۰J$$

مثال ۶

سنگی به جرم $2kg$ را از ارتفاع ۴ متری سطح زمین رها می‌کنیم. با نادیده گرفتن مقاومت هوا، سرعت سنگ را در لحظه‌ی برخورد به زمین حساب کنید.

حل

در لحظه‌ی برخورد سنگ با زمین، همه‌ی انرژی پتانسیل گرانشی آن، پس از رهاشدن، به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود ؛ درنتیجه داریم :

$$U = mgh$$
$$= ۲ \times ۱۰ \times ۴$$
$$= ۸۰J$$

$$K = ۸۰J$$

$$\frac{۱}{۲}mV^{۲} = ۸۰$$

$$\frac{۱}{۲} \times ۲V^{۲} = ۸۰$$

$$V \simeq ۸/۹ m/s$$

تمرین ۵

جسمی به جرم ۲۰۰ گرم را با سرعت m/s ۱۰ در راستای قائم به‌طرف بالا پرتاب می‌کنیم. با نادیده‌گرفتن اتلاف انرژی،

الف : انرژی جنبشی آن در لحظه‌ی پرتاب چقدر است؟

ب : جسم تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟

آزمایش کنید ــ ۱

وسیله‌های آزمایش: یک گلوله‌ی کوچک، یک قطعه نخ.

گلوله را به انتهای نخ وصل کنید و انتهای دیگر آن را مطابق شکل (۱ــ۱۱) از نقطه‌ای آویزان کنید. مجموعه‌ی نخ و گلوله را آونگ می‌نامند.

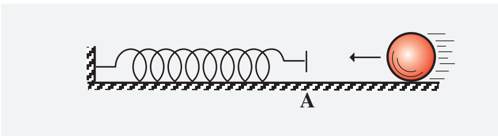


شکل ۱ــ۱۱

آونگ را از وضعیت قائم منحرف و سپس رها کنید. حرکت آونگ را براساس قانون پایستگی انرژی توضیح دهید.

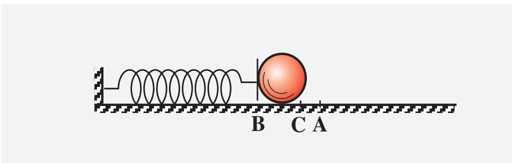
۱ ــ ۶ ــ انرژی پتانسیل کشسانی

مطابق شکل (۱ــ۱۲) سر یک فنر به دیوار متصل است و سر دیگر آن در نقطه‌ی A قرار دارد.



شکل ۱ــ۱۲

گلوله‌ای به طرف فنر حرکت می‌کند، با فنر برخورد و فنر را فشرده می‌کند. هر چه فنر بیش‌تر فشرده شود، سرعت گلوله کم‌تر می‌شود و بالاخره گلوله برای لحظه‌ای در نقطه‌ی B متوقف می‌شود (شکل ۱ــ۱۳) و برمی‌گردد. در این لحظه (در نقطه‌ی B) گلوله ساکن است و انرژی جنبشی ندارد. اکنون این پرسش پیش می‌آید که انرژی جنبشی گلوله کجا رفته است؟



شکل ۱ــ۱۳

از طرف دیگر مشاهده می‌کنیم که، در ادامه، گلوله به طرف راست حرکت می‌کند و هر چه فشردگی فنر کم‌تر می‌شود، سرعت گلوله بیش‌تر می‌شود و گلوله انرژی جنبشی کسب می‌کند. گلوله این انرژی جنبشی را از کجا به‌دست می‌آورد؟

با توجه به مطالب فوق، می‌توان گفت، هنگامی‌که گلوله در نقطه‌ی B قرار دارد، مجموعه‌ی گلوله و فنر دارای انرژی است. ولی این انرژی از چه نوعی است؟ با توجه به آنچه که در مورد انرژی پتانسیل گرانشی گفته شد، می‌توان گفت که در این حالت نیز انرژی جنبشی به نوعی از انرژی پتانسیل تبدیل شده است. این انرژی پتانسیل در فنر ذخیره شده است، زیرا اگر فنر وجود نمی‌داشت جسم از نقطه‌ی B حرکت نمی‌کرد (به مثال ۳ مراجعه کنید). انرژی پتانسیل ذخیره شده در فنرکشیده شده یا فشرده شده را **انرژی پتانسیل کشسانی** می‌نامند. در هنگام برگشت گلوله، انرژی پتانسیل کشسانی دوباره به انرژی جنبشی توپ تبدیل می‌شود.

پاسخ دهید ۴

۱ــ در شکل (۱ــ۱۳) هنگامی‌که گلوله در نقطه‌ی C بین دو نقطه‌ی A و B قرار دارد، آیا انرژی پتانسیل در فنر ذخیره شده است؟ آیا گلوله دارای انرژی جنبشی است؟

۲ــ فرض کنید پس از برخورد گلوله با فنر، گلوله به فنر بچسبد. حرکت بعدی گلوله را توصیف کنید و تبدیل‌های انرژی را با استفاده از قانون پایستگی انرژی توضیح دهید.

۳ــ اگر سطح بدون اصطکاک باشد فنر بیش‌تر فشرده می‌شود یا وقتی که سطح دارای اصطکاک است؟ چرا؟

در این بخش و بخش (۱ــ۵) با انرژی‌های پتانسیل کشسانی و گرانشی آشنا شدید. نوع‌های دیگری از انرژی پتانسیل نیز وجود دارند. در فصل سوم با انرژی پتانسیل الکتریکی آشنا خواهید شد.

پاسخ دهید ۵

در اسباب‌بازی‌های کوکی، انرژی لازم برای حرکت آن‌ها از کجا تأمین می‌شود؟

۱ــ۷ــ منابع انرژی

در یک نگاه کلی، منابع انرژی را می‌توان به دو دسته‌ی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم‌بندی کرد که در ادامه به بررسی هریک خواهیم پرداخت.

منابع انرژی تجدیدناپذیر

انرژی‌های تجدیدناپذیر تنها یک بار قابلیت مصرف دارند، و منابع آن‌ها محدود است و پس از مدتی تمام می‌شوند. سوخت‌های فسیلی و سوخت‌های هسته‌ای از جمله‌ی این منابع محسوب می‌شوند که در زیر به‌شرح آن‌ها خواهیم پرداخت.

الف: سوخت‌های فسیلی: میلیون‌ها سال طول می‌کشد تا تنه‌های پوسیده‌ی درختان یا باقی‌مانده‌ی جانوران در زیر گِل و لای، تحت فشار و دمای مناسب، به زغال‌سنگ یا نفت و گاز، تبدیل شود. از مجموعه‌ی این مواد که سوخت‌های فسیلی نامیده می‌شوند می‌توان در صنایع پالایش و پتروشیمی، هزاران ماده‌ی مفید همچون قطران (از زغال‌سنگ)، بنزین، نفت سفید، نفت گاز، روغن موتور، رنگ، کود شیمیایی، دارو، پلاستیک و حتی غذا به‌دست آورد.

مهم‌ترین مشکل سوخت‌های فسیلی آلوده‌کردن محیط زیست، ناشی از تولید گازهای مضر مانند CO_2 و SO_2 است که باعث گرم‌شدن زمین می‌شوند. مقدار این سوخت‌ها، به‌ویژه نفت، محدود است که با توجه به آهنگ مصرف کنونی، بنابر پیش‌بینی‌های انجام‌شده، در چند دهه‌ی آینده منابع آن به اتمام می‌رسد.

ب: سوخت‌های هسته‌ای: بر اثر شکسته شدن هسته‌ی برخی اتم‌های سنگین مانند اورانیم و توریم، انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. این واکنش را شکافت هسته‌ای می‌نامند. همچنین بر اثر جوش‌خوردن هسته‌ی اتم‌های سبک مانند هیدروژن و تشکیل هسته‌های اندکی سنگین‌تر چون هلیم نیز انرژی بسیار زیادی آزاد می‌شود. این واکنش که همجوشی هسته‌ای نامیده می‌شود همان واکنشی است که در ستارگان و خورشید صورت می‌گیرد و انرژی لازم برای تداوم زندگی بر روی کره‌ی زمین را فراهم می‌سازد. در واقع بیش‌تر انرژی مورد نیاز ما را واکنش‌های هسته‌ای با سوزاندن سوخت‌های هسته‌ای تأمین می‌کنند.*

اکنون در بیش‌تر کشورهای توسعه‌یافته و معدودی از کشورهای در حال توسعه از شکافت هسته‌ای در راکتورها برای تولید انرژی الکتریکی و تأمین برق مورد نیاز استفاده می‌شود. در این نیروگاه‌ها به جای زغال سنگ، نفت، یا گاز از ماده‌ی شکافت‌پذیری مانند اورانیوم برای تولید گرما و

* در دوره‌ی پیش‌دانشگاهی با واکنش‌های شکافت هسته‌ای و همجوشی هسته‌ای به‌طور کامل‌تری آشنا می‌شوید.

به راه‌انداختن توربین بخار استفاده می‌شود. انرژی حاصل از این واکنش هزاران بار بیش‌تر از انرژی ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی است.

در کشور ما ایران نیز از ده ها سال قبل برنامه‌های جامعی برای تولید انرژی الکتریکی از طریق نیروگاه‌های هسته‌ای انجام شده و ساخت و راه‌اندازی نیروگاه هسته‌ای بوشهر بخش کوچکی از این برنامه‌هاست. به جهت اهمیت راهبردی فناوری‌های نو و از جمله فناوری هسته‌ای در دنیای امروز، مدیران ارشد کشور در دو دهه‌ی اخیر تمرکز بیش‌تری روی توسعه‌ی این گونه فناوری‌ها گذاشته‌اند؛ به طوری که در زمینه‌ی تولید سوخت هسته‌ای هم اینک بخشی از این برنامه‌ها به نتیجه رسیده و امروزه ایران در رده‌ی چند کشور معدودی است که فناوری غنی‌سازی اورانیوم را به جهت استفاده در مصالح صلح‌آمیز در اختیار دارد.

نیروگاه‌های هسته‌ای، آلاینده‌هایی چون CO_2 و SO_2 تولید نمی‌کنند و درنتیجه مسائل زیست‌محیطی ناشی از کار آن‌ها کم‌تر از نیروگاه‌های با سوخت فسیلی است. البته بر اثر شکافت هسته‌ای، مواد پسماند پرتوزایی تولید می‌شود که با دورریزی درست و ایمن آن‌ها می‌توان مسائل زیست‌محیطی ناشی از این نیروگاه‌ها را بسیار کم کرد. همچنین طراحی صحیح و مناسب نیروگاه‌های هسته‌ای خطر ناشی از حوادث آن‌ها را کمینه می‌سازد.

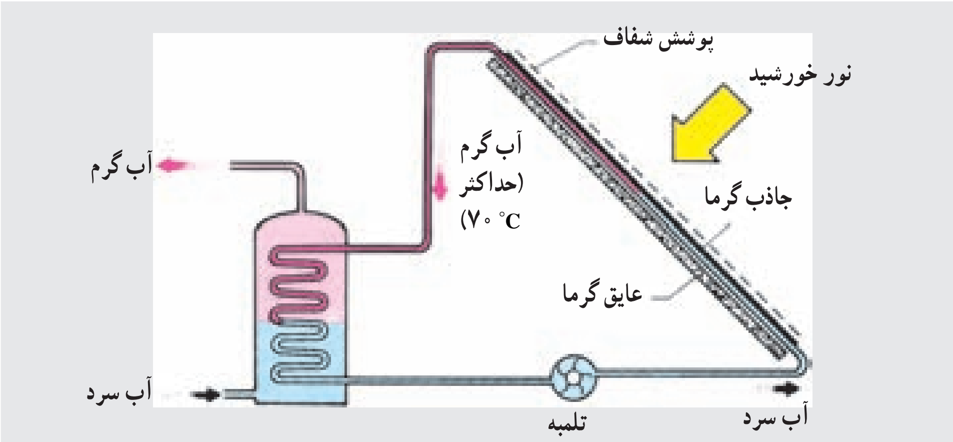
مسائل زیست‌محیطی ناشی از همجوشی هسته‌ای بسیار کم‌تر از واکنش شکافت هسته‌ای است. اما برای راه‌اندازی این واکنش‌ها به دماهای بسیار زیاد نیاز داریم که طراحی نیروگاه‌های مربوطه را به فناوری بسیار پیشرفته‌ای نیازمند می‌سازد. این امید وجود دارد که در آینده با غلبه بر مشکلات مربوط به طراحی این نیروگاه‌ها، همجوشی هسته‌ای علاوه بر ستارگان و خورشید، چشمه‌ی مهم تولید انرژی بر روی زمین نیز بشود.

منابع انرژی تجدیدپذیر

منابع انرژی تجدیدپذیر تمام نمی‌شوند و معمولاً آلودگی به‌وجود نمی‌آورند. برخی از این منابع عبارت‌اند از: انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی امواج دریا، انرژی هیدروالکتریک (برق آبی)، انرژی زمین‌گرمایی، سوخت‌های گیاهی (بیومَس) که به‌اختصار به‌شرح هریک می‌پردازیم.

الف: انرژی خورشیدی: مقدار کل انرژی‌ای که زمین از خورشید دریافت می‌کند بسیار زیاد و در هر ثانیه معادل انرژی حاصل از سوختن ۳ میلیون تن بنزین است. تقریباً نیمی از این انرژی به سطح زمین و آب اقیانوس‌ها می‌رسد و خاک و آب و هوای زمین را گرم می‌کند و مقداری از آن بر اثر فوتوسنتز، به‌صورت انرژی شیمیایی، جذب گیاهان و سبب رشد آن‌ها می‌شود. استفاده از نور خورشید

برای گرم‌کردن، خشک‌کردن و حتی آتش‌زدن از زمان‌های گذشته معمول بوده است ولی بهره‌برداری به روش‌های جدید، در چند دهه‌ی اخیر معمول شده است.



شکل ۱ــ۱۴

راحت‌ترین راه بهره‌گیری انرژی خورشیدی، در آب‌گرم‌کن‌های با دمای کم است. در این وسیله، از **صفحه‌های خورشیدی** به‌عنوان وسیله‌ی تبدیل انرژی استفاده می‌شود که نور خورشید را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند (شکل ۱ــ۱۴). از این وسیله برای تولید آبِ گرم خانگی با دمای حدود ۷۰ °C استفاده می‌شود.



شکل ۱ــ۱۵

از انرژی خورشیدی می‌توان برای تولید دماهای زیاد، تا ۳۰۰۰ °C و بالاتر نیز بهره گرفت. در این مورد از آینه‌های مقعّر بزرگ (کوره‌ی خورشیدی) برای متمرکزکردن پرتوهای خورشید در ناحیه‌ای کوچک استفاده می‌شود (شکل ۱ــ۱۵). این انرژی را می‌توان برای تبدیل آب به بخار، برای به‌راه‌انداختن توربین یک نیروگاه برق به‌کار برد.

روش دیگر بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، به‌کاربردن **سلول‌های خورشیدی** است که نور خورشید را مستقیماً به الکتریسیته تبدیل می‌کنند. با اتصال تعداد زیادی از این سلول‌ها می‌توان انرژی لازم را برای دستگاه‌های برقی، مخابراتی و ماهواره‌ها تأمین کرد. از این سلول‌ها برای تولید انرژی الکتریکی در مقیاس کوچک، برای نواحی دورافتاده، نیز می‌توان بهره گرفت. به تازگی با گسترش فنّاوری ساخت این سلول‌ها می‌توان آن‌ها را برای تولید برق در مقیاس بزرگ نیز به‌کار گرفت به‌طوری که یک نیروگاه تولید الکتریسیته از این نوع در شیراز به نام نیروگاه خورشیدی شیراز ساخته شده است. همچنین طرح‌های بسیاری برای اتومبیل‌های سبک به مرحله‌ی اجرا درآمده است که با استفاده از انرژی خورشیدی حرکت می‌کنند (شکل ۱ــ۱۶). همچنین هم‌اکنون روشنایی برخی از پارک‌ها و حتی چراغ‌های احتیاط و راهنمای خیابان‌ها در شهرهای مختلف ایران توسط سلول‌های خورشیدی تأمین می‌گردد.



شکل ۱ــ۱۶

فعالیّت ۴

معماری سنتی ایران، به‌ویژه در مناطق گرمسیری، نشان‌دهنده‌ی توجه خاص ایرانیان در استفاده‌ی صحیح و مؤثر از انرژی خورشیدی در زمان‌های قدیم است. در این زمینه تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس خود گزارش دهید.

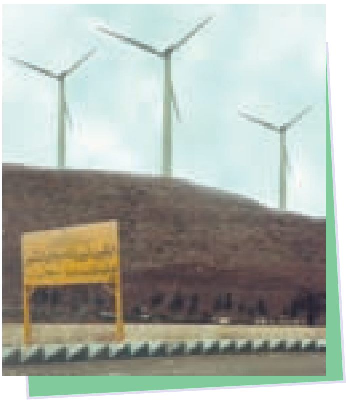
ب: انرژی باد: آسیاهای بادی عظیم که **توربین‌های بادی** نامیده می‌شوند با دو یا سه پره به طول تا ۳۰ متر و حتی بیش‌تر، مولدهای برق را به‌کار می‌اندازند. در هر نیروگاه بادی معمولاً بین ۲۰ تا ۱۰۰ توربین وجود دارد که به فاصله‌ی تقریبی ۴۰۰ متر از هم قرار گرفته‌اند.

شکل (۱ــ۱۷ــ الف)، یک نیروگاه بادی را نشان می‌دهد که در حدود ۴۰۰ مگاوات برق تولید می‌کند. این میزان انرژی، برای تأمین برق حدود ۲۵۰۰۰۰ خانه کافی است.

توربین‌های بادی معمولاً پر سر و صدا هستند و منظره‌ی طبیعی را نیز خراب می‌کنند. بنابراین طرفداران محیط زیست با استفاده از این نیروگاه‌ها مخالف‌اند، به ویژه آن که محل‌های مناسب برای احداث این نیروگاه‌ها اغلب در منطقه‌هایی قرار دارند که دارای زیبایی طبیعی بسیارند. شکل (۱ــ۱۷ــب)، قسمتی از نیروگاه بادی منجیل را نشان می‌دهد که در دره‌ی زیبای این شهر احداث شده است.



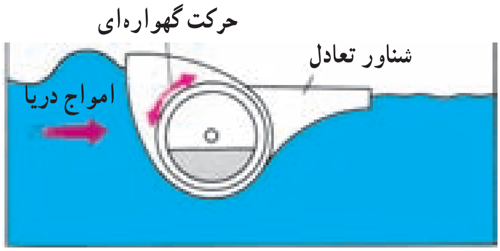
الف



ب

شکل ۱ــ۱۷

پ: انرژی امواج دریا: افت و خیز امواج دریا را می‌توان به کمک نوعی مبدل به انرژی لازم برای به‌کار انداختن مولدهای برق تبدیل کرد. هرچند این کار مشکل است و تولید الکتریسیته در مقیاس بزرگ با این روش تا آینده‌ای نزدیک عملی نخواهد بود، ولی اکنون دستگاه‌های کوچکی از این نوع، برای تأمین انرژی لازم برای مردمانی که در جزیره‌ها زندگی می‌کنند توسعه یافته است. در شکل (۱ــ۱۸) طرحی از چگونگی مهار انرژی امواج دریا را مشاهده می‌کنید.



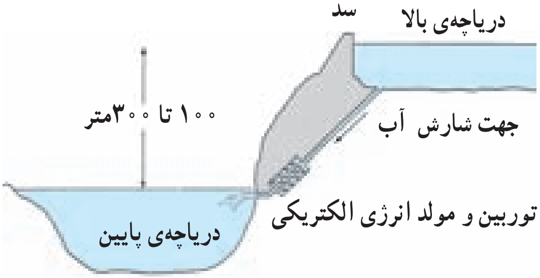
الف



ب

شکل ۱ــ۱۸

ت: انرژی هیدروالکتریک (برق آبی): جریان آب از ارتفاع زیاد به سطح پایین‌تر از پشت یک سد را می‌توان در یک طرح هیدروالکتریکی برای به‌کارانداختن توربین آبی متصل به یک مولد برق به‌کار برد (شکل ۱ــ۱۹).



الف



ب

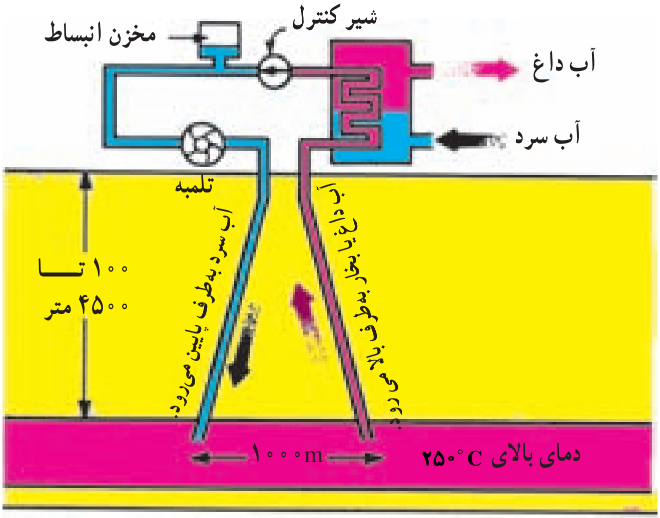
شکل ۱ــ۱۹

بیش‌تر نیروگاه‌های آبی در مناطقی قرار دارند که میزان بارندگی سالیانه در آن‌ها بیش‌تر از سایر نقاط است. با مدیریت صحیح، انرژی هیدروالکتریکی می‌تواند منبع انرژی قابل اطمینانی باشد، ولی خطراتی در مورد احتمال خراب شدن سدها، و نیز مسائلی در ارتباط با تأثیر سد بر محیط اطراف وجود دارد. زیرا با احداث سد، زمین‌هایی که قبلاً به‌صورت جنگل و یا برای زراعت و دامداری به‌کار می‌رفت زیر آب می‌رود.

ث: انرژی زمین‌گرمایی: انرژی زمین‌گرمایی به گرمای موجود در زیر سطح کره‌ی زمین گفته می‌شود. مقدار این انرژی به مراتب بیش‌تر از مصرف فعلی انرژی در جهان است، ولی تولید آن، به‌جز در نواحی‌ای که به‌عنوان محل آتش‌فشان یا زلزله شناخته می‌شوند، بسیار کم است.

برای استفاده از انرژی زمین‌گرمایی، مطابق شکل(۱ــ۲۰)، آب سرد را از طریق مجرایی به طرف صخره‌های داغ، در عمق زمین می‌فرستند و آن را از طریق مجرایی دیگر به‌صورت آب گرم و یا بخار خارج می‌کنند. از این آب گرم و یا بخار می‌توان برای گرم‌کردن خانه‌ها و به‌کارانداختن یک توربین بخار مولد برق استفاده کرد.

انرژی زمین‌گرمایی درصورتی تجدیدپذیر محسوب می‌شود که انرژی برداشت‌شده بیش از انرژی‌ای که از طریق مرکز زمین (این انرژی، براثر واکنش‌های هسته‌ای به‌صورت پیوسته تولید می‌شود) جایگزین می‌شود نباشد و همچنین مقدار آب تزریق‌شده و آب خارج‌شده برابر باشد.



شکل ۱ــ۲۰

ج: سوخت‌های گیاهی (بیومَس): سوخت‌های گیاهی شامل محصولات زراعی (مانند تفاله‌ی دانه‌های روغنی)، بقایای محصولات (مانند کاه)، گیاهان طبیعی که برای استفاده از چوب آن‌ها کشت می‌شود، فضولات حیوانات و فاضلاب‌های انسانی است.

بر اثر تخمیر سوخت‌های گیاهی توسط آنزیم‌ها و یا تجزیه‌ی آن‌ها به‌وسیله‌ی باکتری‌ها در نبود هوا، می‌توان موادی نظیر الکل (اتانول) و گاز متان به‌دست آورد. سوخت‌های گیاهیِ مایع می‌توانند جانشین بنزین شوند. هرچند انرژی آن‌ها در حدود ۵۰ درصد کم‌تر از بنزین است ولی سرب و گوگرد ندارند و درنتیجه تمیزترند. **زیست گاز** مخلوطی از متان و کربن دی‌اکسید و با انرژی حدود ۷۰ درصد گاز طبیعی، نیز می‌تواند برای مصارف مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

در بعضی از کشورهای در حال توسعه، این گاز از طریق فضولات حیوانی و پسماندهای آن‌ها در دستگاه‌هایی مطابق شکل (۱ــ۲۱) به‌دست می‌آید و برای گرم کردن و آشپزی به‌کار می‌رود.



شکل ۱ــ۲۱

۱ــ۸ــ بهینه‌سازی مصرف انرژی

مصرف روز افزون و بی‌رویه‌ی انرژی، به خصوص سوخت‌های فسیلی، مسایل و مشکلات فراوانی را برای انسان و محیط زیست کره‌ی زمین به‌وجود آورده است. لازم است این مشکلات را بشناسیم و روش‌های برطرف‌کردن آن مسایل و بهترین راه مصرف انرژی را بیابیم تا زندگی انسان دوام یابد و توسعه‌ی پایدار صورت گیرد.

هر گونه مصرف انرژی، در نهایت صرف گرم کردن محیط می‌شود. به عنوان مثال، یک اتومبیل در حال حرکت را در نظر بگیرید. اتومبیل در اثر احتراق بنزین انرژی جنبشی کسب می‌کند. در اثر احتراق، **موتور** گرم می‌شود، که برای خنک کردن آن از آبی که به دور آن می‌گردد، استفاده می‌شود. آب نیز در رادیاتور به وسیله‌ی جریان هوا خنک می‌شود. درنتیجه، **هوا** را گرم می‌کند. انرژی جنبشی نیز در اثر اصطکاک با سطح جاده و ترمز کردن به انرژی درونی تبدیل می‌شود و صرف گرم کردن **محیط** می‌شود. بنابراین، در یک سفر که از یک محل به محل دیگری می‌رویم، بیشتر انرژی شیمیایی بنزین، به طرق مختلف، صرف گرم کردن محیط می‌شود.

به عنوان یک مثال دیگر، می‌توان یک نیروگاهی را در نظر گرفت که با یک سوخت فسیلی کار می‌کند. مقداری از انرژی شیمیایی سوخت در این نیروگاه به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و بقیه به طریقی که ذکر شد، صرف گرم کردن محیط می‌شود. انرژی الکتریکی از طریق شبکه‌ی سراسری برق به خانه‌ها منتقل و در آنجا برای مقاصد گوناگون به کار گرفته می‌شود. بخشی از این انرژی صرف روشنایی منزل می‌شود. انرژی نورانی، خود توسط دیوارها و وسیله‌های موجود در اتاق جذب می‌شود و باعث گرم‌ترشدن فضای اتاق می‌شود. بخش دیگر، صرف راه‌اندازی وسیله‌های برقی می‌شود که در نهایت آن‌ها نیز صرف گرم کردن محیط می‌شوند.

انرژی‌هایی که به شرح فوق به محیط داده می‌شود دیگر عملاً وجود ندارد و لذا نمی‌توان از آن‌ها استفاده کرد. درنتیجه، می‌توان گفت که بشر دائماً منابع انرژی خود را عمدتاً به نوعی از انرژی تبدیل می‌کند که عملاً برایش غیرقابل استفاده است.

فعالیّت ۵

چند وسیله‌ی برقی را در گروه خود در نظر بگیرید و توضیح دهید که انرژی الکتریکی‌ای که به هر یک از آن‌ها داده می‌شود، چگونه در نهایت به گرم‌ترشدن محیط می‌انجامد.

باید دانست که، با توجه به توسعه‌ی اقتصادی کشورها، مصرف انرژی در حال افزایش است و برآورد شده است که در هر ۱۰ سال مصرف انرژی دو برابر می‌شود. اما چون بیش‌تر انرژی‌ها از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود که منابع محدودی دارند (پیش‌بینی می‌شود که ذخیره‌های نفت خام تا حدود ۳۰ سال دیگر پایان می‌یابد) مصرف سوخت‌های فسیلی انواع آلودگی‌ها را به‌همراه می‌آورد که به‌شدت برای شهروندان زیان‌آور است و باعث تشدید بعضی بیماری‌ها می‌شود. صرفه‌جویی و استفاده‌ی بهینه از منابع انرژی ضروری است.

با استفاده‌ی بیش‌تر از وسیله‌های نقلیه‌ی عمومی، به جای استفاده از وسایل شخصی، می‌توان در جهت کاهش مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا گام برداشت. همچنین با عایق‌بندی بهتر ساختمان‌ها می‌توان مصرف انرژی برای گرم و یا سرد کردن ساختمان‌ها را کاهش داد که در این باره در فصل دوم صحبت خواهیم کرد. مورد صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی را نیز در فصل سوم مورد بحث قرار می‌دهیم.

فعالیّت ۶

در گروه خود تحقیق کنید، گرم‌ترشدن هوای کره‌ی زمین چه اثرهای نامطلوبی می‌تواند بر زندگی بشر و محیط زیست داشته باشد. نتیجه‌ی تحقیق خود را به کلاس درس ارایه دهید.

تمرین‌های فصل اول

۱ــ با توجه به جدول (۱ــ۲) به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

الف ــ اگر شخصی یک شبانه‌روز بخوابد، چه مقدار انرژی مصرف می‌کند؟

ب ــ انرژی‌ای که برای یک ساعت نشستن در کلاس مصرف می‌شود بیش‌تر است یا انرژی‌ای که صرف ده دقیقه دوچرخه‌سواری با سرعت کم می‌شود؟

۲ــ شیری با خوردن یک گوزن انرژی کسب می‌کند. شرح دهید چگونه منشأ اصلی این انرژی خورشید است؟

۳ــ گلوله‌ای به جرم ۲۰ گرم با سرعت ۲۴۰m/s به مانع برخورد می‌کند و در آن فرورفته و متوقف می‌شود. انرژی درونی گلوله و مانع چه اندازه افزایش می‌یابد؟

۴ــ توپی را از ارتفاع یک متری سطح زمین از حال سکون رها می‌کنیم. توپ بعد از برخورد با زمین، تا ارتفاع کم‌تر از یک متر بالا می‌رود. این مثال را براساس پایستگی انرژی توضیح دهید.

۵ــ گلوله‌ای به جرم یک کیلوگرم مطابق شکل (۱ــ ۱۲) به فنر نزدیک شده و با سرعت ۸m/s به آن برخورد می‌کند. اگر از اصطکاک چشم‌پوشی کنیم، حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی که در فنر ذخیره می‌شود چه‌مقدار است؟

۶ــ جمله‌های زیر را با استفاده از واژه‌های داده شده کامل کنید. هر واژه ممکن است بیش از یک بار استفاده شود و یا هیچ استفاده‌ای از آن نشود.

درونی، نوری، صوتی، شیمیایی، الکتریکی، جنبشی

الف ــ در یک موتور الکتریکی، انرژی الکتریکی به انرژی... و انرژی ... تبدیل می‌شود.

ب ــ در یک رادیو، انرژی الکتریکی به انرژی ... و انرژی ... تبدیل می‌شود.

پ ــ در یک چراغ‌قوه، انرژی ... ذخیره شده در باتری، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. پس از آن لامپ، انرژی الکتریکی را به انرژی ... و ... تبدیل می‌کند.

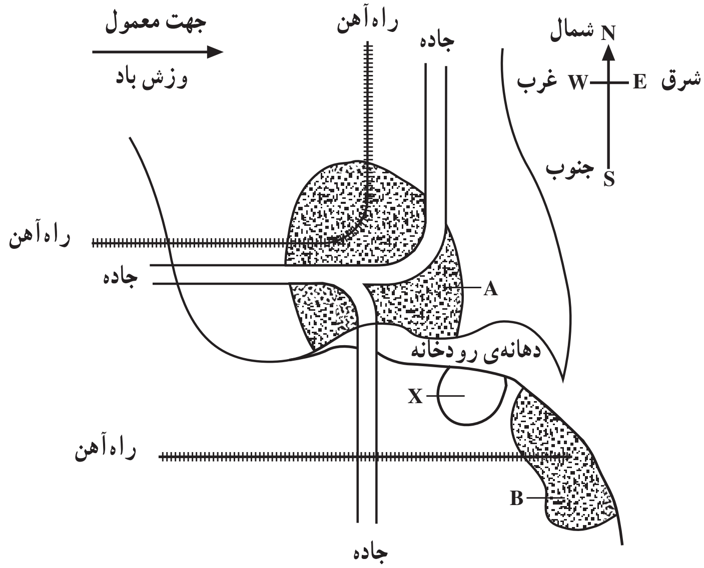
۷ــ دو منبع انرژی تجدیدپذیر را که افراد زیر بتوانند از آن‌ها استفاده کنند، نام ببرید.

الف) کسانی که در نواحی کوهستانی زندگی می‌کنند.

ب) کسانی که در نواحی کویری زندگی می‌کنند.

پ) کسانی که در نواحی ساحلی زندگی می‌کنند.

۸ــ نقشه‌ی شکل ۱ــ۲۲ وضعیت شهرهای A و B را در حاشیه‌ی یک رودخانه و در دهانه‌ی آن نشان می‌دهد.



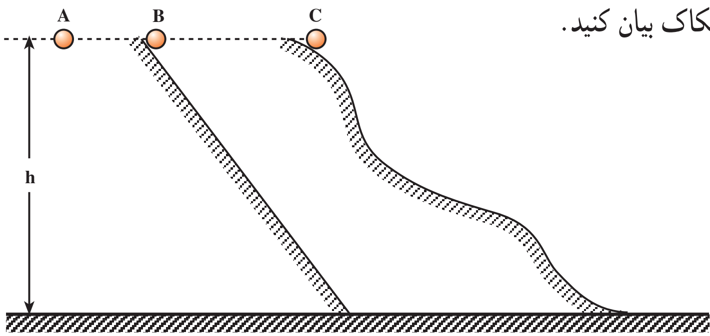
شکل ۱ــ۲۲

شهر A به‌خاطر ماهی‌گیری و حمل و نقل اهمیت دارد. باد معمولاً از غرب می‌وزد و جاده و راه‌آهن‌های عمده‌ی شهر در نقشه مشخص شده است. قرار است در منطقه‌ی X ایستگاهی برای تأمین برق ناحیه ساخته شود. این ایستگاه می‌تواند از انرژی هسته‌ای یا زغال‌سنگ استفاده کند.

الف ــ مزیت‌ها و عیب‌های هریک از این دو روش را بنویسید.

ب ــ شما برای این منطقه کدام روش را پیشنهاد می‌کنید؟ دلیل‌های خود را بنویسید.

۹ــ سه گلوله‌ی A و B و C با جرم‌های مساوی از ارتفاع معینی رها می‌شوند (شکل ۱ــ۲۳). سرعت کدام یک، هنگام رسیدن به‌زمین بیش‌تر است؟
پاسخ خود را یک‌بار با در نظر گرفتن اصطکاک و بار دیگر با نادیده گرفتن اصطکاک بیان کنید.



شکل ۱ــ۲۳

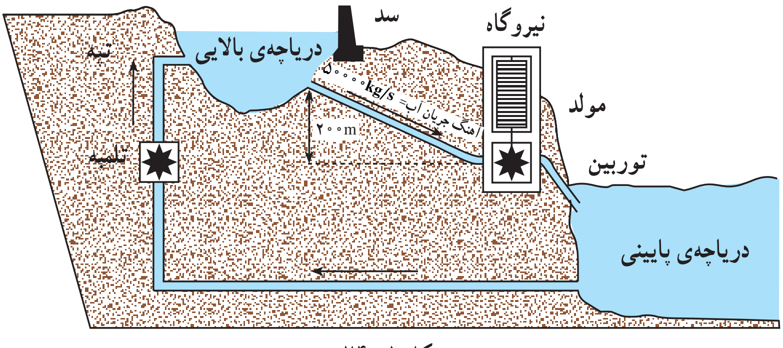
۱۰ــ توپی به جرم $۰/۵\,\text{kg}$ را با سرعت $۸\,\text{m/s}$ در امتداد قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. انرژی پتانسیل گرانشی در بالاترین ارتفاعی که توپ به آن می‌رسد، چه‌مقدار است؟ از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید.

۱۱ــ مطابق شکل(۱ــ۱۰) توپی به جرم یک کیلوگرم در نقطه‌ی B از حال سکون رها می‌شود. اگر ارتفاع نقطه‌ی B از پایین تپّه ۵ متر باشد :

الف ــ سرعت آن در پایین تپّه چه اندازه است؟ از اصطکاک چشم‌پوشی می‌شود.

ب ــ اگر ۲۰ درصد انرژی توپ در اثر اصطکاک تلف شود، سرعت توپ در پایین تپّه چه اندازه می‌شود؟

۱۲ــ در یک شبکه مقادیر مصرف انرژی برق در ساعت‌های مختلف شبانه‌روز متفاوت است. نیروگاه‌های تلمبه ــ ذخیره‌ای وظیفه انتقال مقادیر انرژی اضافیِ تولید شده در زمان مصرف انرژی کم به زمان‌های اوج مصرف را برعهده دارند. این کار از طریق پمپاژ آب ذخیره شده از سد پایین دست به سد بالادست در زمان مصرف کم، میسر است. در طول ساعات روز، زمانی که نیاز مصرف بسیار بیش‌تر از توان تولیدی نیروگاه‌های شبکه است، توربین‌های نیروگاه تلمبه ــ ذخیره‌ای مانند نیروگاه‌های معمولی برقی ــ آبی با رهاسازی آب ذخیره شده در سد بالادست، انرژی پتانسیل ذخیره شده در زمان مصرف کم را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند.



شکل ۱ــ۲۴

الف ــ چرا این نیروگاه برای شرکت‌های برق مفید است؟

ب ــ آیا این نوع نیروگاه هنگام تولید الکتریسیته جوّ را آلوده می‌کند؟

پ ــ انرژی برای تلمبه‌کردن دوباره‌ی آب به دریاچه‌ی بالایی از کجا تأمین می‌شود؟

ت ــ چه نوع تبدیل انرژی هنگام جریان‌یافتنِ آب از دریاچه‌ی بالایی به دریاچه‌ی پایینی انجام می‌شود؟

ث ــ با استفاده از داده‌ها که در شکل (۱ــ۲۴) مشاهده می‌کنید، تغییر انرژی پتانسیل را در مدت یک ثانیه حساب کنید.

ج ــ بازده توربین‌ها ۶۰ درصد است. توان الکتریکی خروجی این نیروگاه را بر حسب MW حساب کنید.

۱۳ــ سوخت‌های فسیلی به هنگام مصرف مقداری گاز متصاعد می‌کنند که سبب آلودگی هوا می‌شود. تحقیق کنید برای جلوگیری از آلودگی هوا چه باید کرد و نتیجه‌ی تحقیقات خود را به‌صورت پیشنهاد ارائه دهید.

۱۴ــ در جدول زیر اطلاعاتی درباره‌ی شماری از منبع‌های انرژی که برای تولید برق به‌کار می‌رود ارائه شده است:

منبع انرژی	تجدیدپذیر	فرآورده‌های سوختی	دوام ذخیره‌های شناخته‌شده‌ی جهانی	بازده تولید برق
زغال‌سنگ	خیر	کربن دی‌اکسید، آب گوگرد دی‌اکسید	۲۰۰ سال	٪۴۰
نفت	خیر	کربن‌دی‌اکسید، آب گوگرد دی‌اکسید	۴۰ سال	٪۳۵
گاز	خیر	کربن‌دی‌اکسید، آب	۶۵ سال	٪۵۰
باد	بلی	هیچ	ــ	٪۴۰

الف ــ

۱. کدام منبع‌ها سوخت فسیلی‌اند؟

۲. چرا باد را تجدیدپذیر می‌دانیم؟

ب ــ در سال های کنونی، گاز در بسیاری از ایستگاه‌های تولید برق جانشین زغال‌سنگ شده است.

۱. دو مزیت کاربرد گاز به جای زغال‌سنگ را بیان کنید.

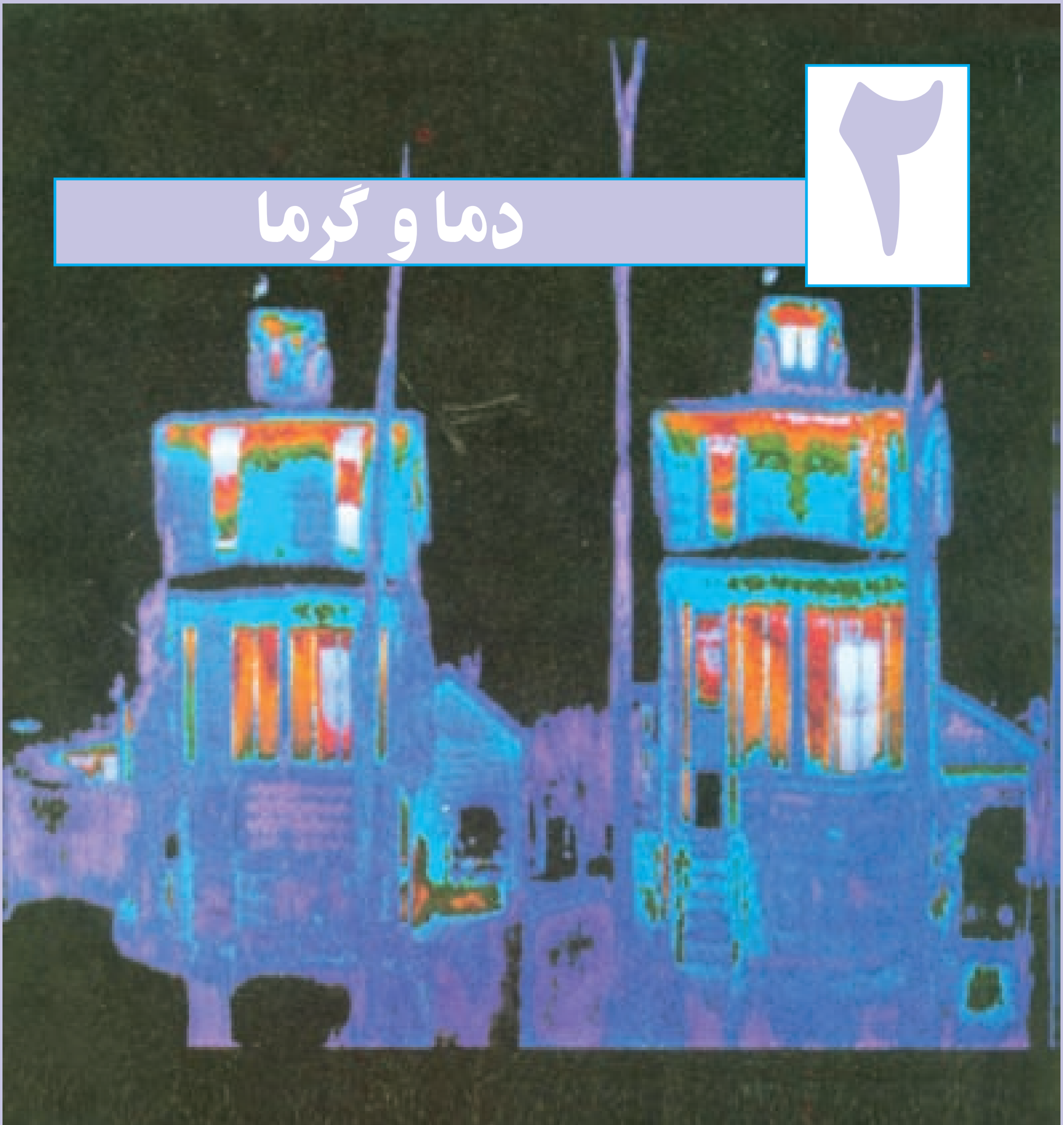
۲. یک عیب برای سوخت گاز نسبت به زغال‌سنگ را بیان کنید.

پ ــ دو دلیل بیاورید که نشان دهند چرا درصد تولید برق با انرژی باد بسیار کم است.

ت ــ توضیح دهید چرا یافتن منبع‌های انرژی تجدیدپذیر مهم است؟

۲

دما و گرما



این عکس که «دمانگاشت» نام دارد، با استفاده از نوع ویژه‌ای از فیلم در شب تهیه شده است، با استفاده از این عکس می‌توان نشان داد که اتلاف گرما در چه بخشی از یک ساختمان بیش‌تر روی داده است.

پیش از این در درس‌های علوم دوره‌ی راهنمایی تا حدودی به ارتباط گرمی و سردی با دما پی برده‌اید. در این فصل با یادآوری مفهوم دما به شرح برخی از دماسنج‌ها می‌پردازیم.

گرما و روش‌های گرما سنجی: دمای جسم‌هایی که روزانه با آن‌ها سروکار داریم و محیطی که در آن کار و زندگی می‌کنیم، معمولاً تأثیر زیادی روی نحوه‌ی کار و زندگی ما دارد. به یاد بیاورید که برای گرم کردن منزل و مدرسه در زمستان یا سرد کردن این محیط‌ها در تابستان چه هزینه‌ای مصرف می‌شود. ایجاد یک دمای معیّن و حفظ آن در فنّاوری و صنعت و همین‌طور در پژوهش‌های علمی اهمیّت فراوان دارد. همچنین عایق‌بندی گرمایی، به‌منظور حفظ دمای مورد نظر در یک محیط، یکی دیگر از موضوع‌های مورد بحث در این فصل است.

۲ــ۱ــ دما

در درس علوم دوره‌ی راهنمایی دیدید که هر چه یک جسم گرم‌تر باشد، می‌گوییم دمایش بیشتر است و هر چه سردتر باشد، می‌گوییم دمایش کمتر است. در اینجا نخست این موضوع را به‌طور مشروح بررسی می‌کنیم. سپس طرز اندازه‌گیری دما را شرح می‌دهیم.

فرض کنید که در یک روز سرد زمستانی، برای پذیرایی از دوست خود یک استکان چای آورده باشید. اگر دوستتان در نوشیدن کمی تأخیر کند، می‌گویید «چای سرد شده است» و منظورتان آن است که چای سردتر از آن است که برای نوشیدن مناسب باشد. با بیان این جمله شما به هیچ‌وجه معلوم نکرده‌اید که چای چقدر سرد شده است؟

برای آنکه بتوانیم پاسخ چنین پرسش‌هایی را مشخص کنیم از مفهوم «دما» استفاده می‌کنیم و به جسم‌های گرم‌تر دمای بیش‌تر و به جسم‌های سردتر دمای کمتری نسبت می‌دهیم. حال اگر دمای چند جسم را بدانیم می‌توانیم به‌طور دقیق بگوییم که هر یک از آن‌ها از کدام‌یک از جسم‌های دیگر سردتر و از کدام‌یک گرم‌تر است. به این ترتیب می‌توان گفت که :

دما معیاری است که میزان گرمی و سردی اجسام را مشخص می‌کند.

حال ببینیم که هر جسمی چه دمایی دارد و آن را چگونه باید تعیین کنیم. راه و شیوه‌ی اندازه‌گیری و تعیین دما را **دماسنجی** می‌نامیم.

دمای هر جسم را معمولاً می‌توانیم **به طور تقریبی** (و البته به شرط آنکه خیلی گرم یا خیلی سرد نباشد) به کمک حسّ لامسه‌ی خود تعیین کنیم. این ساده‌ترین (و بی‌دقت‌ترین) نوع دماسنجی است. جالب است که این روش را حتی کسانی هم که هیچ‌گونه آموزش علمی ندیده‌اند

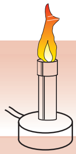
به‌کار می‌برند. برای مثال، همه، شیشه‌ی نوشابه را با دستان خود لمس می‌کنند تا ببینند که آیا به اندازه‌ی دلخواه سرد هست یا نه؟ یا استکان چای داغ را نخست با لب‌های خود امتحان می‌کنند تا اگر دمای چای آن قدر بالاست که دهان آن‌ها را می‌سوزاند، آن را ننوشند. یا تب شخص بیمار را با قرار دادن کف دست خود بر روی پیشانی او تشخیص می‌دهند.

در این‌گونه دماسنجی به کمک حسّ لامسه، تنها می‌توانیم به‌طور تقریبی تشخیص دهیم که دمای چه جسمی بالاتر یا پایین‌تر از دمای بدن ما یا دمای یک جسم دیگر است. در این تشخیص به هیچ‌وجه نمی‌توانیم عدد دقیقی به دما نسبت دهیم. علاوه بر این، این تشخیص ممکن است به‌دلیل خطای حواس ما با اشتباه نیز توأم باشد.

فعالیّت ۱

آیا می‌دانید که چگونه خطای حواس ما می‌تواند باعث نتیجه‌گیری اشتباه درباره‌ی دمای اجسام شود؟ آزمایشی طراحی و اجرا کنید که این خطا را نمایش دهد. نتیجه‌ی آزمایش را برای دوستان خود گزارش کنید.

دماسنج: اندازه‌گیری دقیق دما توسط دماسنج صورت می‌گیرد. ساده‌ترین و رایج‌ترین نوع دماسنج، دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی است. اساس کار این دماسنج‌ها بر انبساط مایعات است. در درس علوم تجربی دوره‌ی راهنمایی با پدیده‌ی انبساط جسم‌ها آشنا شدید و دیدید که **تقریباً** همه‌ی مواد (جامد، مایع و گاز) وقتی گرم شوند منبسط می‌شوند.



آزمایش کنید ـ ۱

وسیله‌های آزمایش: یک ظرف شیشه‌ای نشکن با درپوش چوب پنبه‌ای یا لاستیکی سوراخ‌دار، یک لوله‌ی شیشه‌ای باریک و بلند، چراغ گازی یا الکلی.

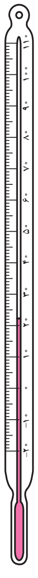
۱ــ ظرف شیشه‌ای را از آب پرکنید و لوله‌ی شیشه‌ای بلند را از سوراخ درپوش بگذرانید. سپس در را ببندید. مقداری آب در لوله‌ی باریک بالا خواهد آمد. ارتفاع آب در لوله را علامت بزنید.

۲ــ ظرف شیشه‌ای پر از آب را روی شعله قرار دهید و تغییر ارتفاع آب در لوله‌ی باریک را اندازه‌گیری کنید.

از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید که چگونه می‌توانید با درجه‌بندی لوله‌ی باریک نتیجه‌ی آزمایش را به صورت کمّی درآورید.

آزمایش‌های دیگری طراحی و اجرا کنید که انبساط مایع‌ها و جامدها را نمایش دهد. شرح و نتیجه‌ی آزمایش را بنویسید.

ساختمان دماسنج جیوه‌ای (یا الکلی): این نوع دماسنج، مطابق شکل (۲ــ۱)، از یک لوله‌ی شیشه‌ای باریک سربسته‌ی (خالی از هوا) متصل به یک مخزن تشکیل شده است. مخزن پر از جیوه (یا الکل) است. با بالا رفتن دمای مایعِ درون مخزن، حجم مایع نیز بیشتر می‌شود (انبساط می‌یابد) و مایع در لوله‌ی باریک بالا می‌رود. از ارتفاع مایع در لوله‌ی باریک می‌توان برای اندازه‌گیری دما استفاده کرد، زیرا هر چه دما بالاتر باشد، ارتفاع مایع بیشتر و هرچه دما کمتر باشد، ارتفاع مایع کمتر است.



شکل ۲ــ۱ــ دماسنج جیوه‌ای

مدرّج ساختن دماسنج: حال ببینیم چگونه یک دماسنج را درجه‌بندی می‌کنند. دیدیم که در هر درجه‌ای از دما، ارتفاع مایع در لوله‌ی باریک مقدار معینی دارد. از این‌رو می‌توانیم به جای آن‌که در مقابل هر ارتفاع، اندازه‌ی آن ارتفاع را بنویسیم، اندازه‌ی دمای مربوط به آن را ثبت کنیم. رایج‌ترین نحوه‌ی انتخاب اندازه‌ی دمای مربوط به هر ارتفاع از ستون مایع، نحوه‌ی انتخابی است که به درجه‌بندی سلسیوس یا سانتی‌گراد (C) معروف است. در درجه‌بندی سلسیوس دمای یخ خالص

در حال ذوب شدن (در فشار یک اتمسفر) را برابر صفر و دمای بخار آب‌جوش را برابر صد می‌گیرند. مدرج ساختن دماسنج را به ترتیب زیر انجام می‌دهند.

۱ــ دماسنج را درون مقداری یخ خرد شده‌ی درحال ذوب قرار می‌دهیم، به‌گونه‌ای که مخزن دماسنج کاملاً درون یخ قرار گیرد. پس از آنکه سطح جیوه در لوله‌ی باریک در پایین‌ترین ارتفاع ثابت شد، محل آن را علامت می‌زنیم و عدد صفر را کنار آن ثبت می‌کنیم.

۲ــ دماسنج را در بالای سطح آب خالص در حال جوش به‌گونه‌ای قرار می‌دهیم که قسمت مخزن دماسنج در تماس کامل با بخار قرار گیرد و سطح جیوه در بالاترین ارتفاع قرار گیرد. این بار نیز محل قرار گرفتن سطح جیوه در لوله‌ی باریک را علامت می‌زنیم و عدد صد را کنار آن ثبت می‌کنیم.

۳ــ فاصله‌ی بین درجه‌ی صفر و درجه‌ی صد را به صد قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم و هر قسمت را «یک درجه‌ی سلسیوس» (به احترام سلسیوس سوئدی* که اولین‌بار به این روش دماسنج را درجه‌بندی کرد) می‌نامیم. درجه‌ی سلسیوس را با نماد $^{\circ}C$ نمایش می‌دهیم.

۴ــ این درجه‌بندی را (با درجه‌هایی به همین فاصله از یک‌دیگر) به زیر صفر و بالای صد نیز ادامه می‌دهیم. دماهای زیر صفر سلسیوس را با عددهای منفی مشخص می‌کنیم. وقتی دما بر حسب درجه‌ی سلسیوس مشخص می‌شود، معمولاً آن‌را با نماد θ (تتا) نمایش می‌دهند.

فعالیّت ۲

در توضیح ساختمان دماسنج دیدیم که لوله‌ی باریک باید خالی از هوا باشد. تحقیق کنید که وجود هوا در لوله‌ی باریک چه اشکالی به‌وجود می‌آورد.

نحوه‌ی استفاده از دماسنج: برای اندازه‌گیری دما توسط دماسنج، آن را در تماس با جسمی که می‌خواهیم دمای آن را اندازه بگیریم، قرار می‌دهیم به‌گونه‌ای که مخزن دماسنج در تماس کامل با جسم موردنظر باشد. مدتی (حدود دو الی سه دقیقه) صبر می‌کنیم تا ارتفاع مایع در لوله‌ی باریک دماسنج دیگر تغییر نکند، آنگاه عددی را که در مقابل سطح مایع در لوله ثبت شده است می‌خوانیم. این عدد دمای آن جسم را نشان می‌دهد.

---

* Celsius (1701-44)

در جدول (۲ ــ۱) برخی از دماهای مهم ارائه شده است.

جدول ۲ــ۱ــ برخی از دماهای مهم

موضوع	دما برحسب °C
نقطه‌ی جوش هیدروژن مایع	−۲۳۵
نقطه‌ی جوش اکسیژن مایع	−۱۸۳
نقطه‌ی انجماد الکل	−۱۱۵
نقطه‌ی انجماد جیوه	−۳۹
نقطه‌ی ذوب یخ	۰
دمای هوا در یک روز معمولی	۲۵
دمای بدن انسان سالم	۳۷
نقطه‌ی ذوب موم	۵۰
نقطه‌ی جوش الکل	۷۹
نقطه‌ی جوش آب	۱۰۰
نقطه‌ی ذوب قلع	۲۳۲
نقطه‌ی جوش جیوه	۳۵۷
نقطه‌ی ذوب طلا	۱۰۶۷
دمای هسته‌ی زمین	۳۷۰۰
دمای سطح خورشید	۵۷۰۰

گستره‌ی سنجش دما در دماسنج‌های الکلی و جیوه‌ای

اندازه‌گیری دما توسط دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی برای دماهایی امکان‌پذیر است که بالاتر از نقطه‌ی انجماد و پایین‌تر از نقطه‌ی جوش مایع درون دماسنج باشد.

فعالیّت ۳

با استفاده از جدول (۲ــ۱) گستره‌ی سنجش دما در هر یک از دماسنج‌های الکلی و جیوه‌ای را تعیین کنید.

پاسخ دهید ۱

آیا می‌شود با یک دماسنج الکلی دمای جوش آب را اندازه‌گیری کرد؟ توضیح دهید.

فعالیّت ۴

تحقیق کنید در دماهایی که در گستره‌ی کار دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی نیستند، دما را چگونه و با چه ابزاری می‌توان اندازه گرفت؟

آزمایش کنید ـ ۲

وسیله‌های آزمایش: یک دماسنج، یک عدد ساعت.

به کمک یک دماسنج جیوه‌ای، دمای کلاس درس را در طول یک روز در بازه‌های زمانی معین، مثلاً هر ساعت یک‌بار، اندازه بگیرید و منحنی تغییرات دمای کلاس را برحسب زمان رسم کنید.

مطالعه‌ی آزاد

بستگی نقطه‌ی انجماد و نقطه‌ی جوش آب به فشار و ناخالصی

پیش از این گفتیم که آب در دمای $0^\circ C$ یخ می‌زند، ولی دیده می‌شود که در مکان‌هایی که در ارتفاع بالاتری نسبت به سطح دریا قرار دارد آب در دمای اندکی بالاتر یخ می‌زند و به همین ترتیب یخ نیز در این مکان‌ها در دمای نسبتاً بالاتری آب می‌شود.

افزایش یا کاهش ارتفاع از سطح دریا روی دمای جوش نیز اثر می‌گذارد. در ارتفاع‌های بالاتر که فشار هوا کمتر است نقطه‌ی جوش پایین می‌آید، یعنی آب زودتر (در دمای پایین‌تری) به جوش می‌آید. آزمایش نشان می‌دهد که افزایش فشار باعث بالا رفتن نقطه‌ی جوش می‌شود.

وجود ناخالصی در آب نیز باعث تغییر نقطه‌ی جوش و انجماد آن می‌شود (منظور از نقطه‌ی جوش و نقطه‌ی انجماد به ترتیب دماهایی است که آب در آن دماها به جوش می‌آید و یا یخ می‌زند.) برای مثال افزودن نمک به آب می‌تواند نقطه‌ی انجماد آن‌را تا $-18^{\circ}C$ پایین بیاورد.

با توجه به تأثیری که فشار و وجود ناخالصی در نقطه‌ی جوش و نقطه‌ی انجماد آب دارد، تعریفی را که برای صفر و صد درجه‌ی سلسیوس دادیم باید به‌صورت دقیق‌تر زیر بیان کنیم.

آب خالص در جایی که فشار هوا برابر یک اتمسفر باشد در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس یخ می‌زند و در دمای صد درجه‌ی سلسیوس به جوش می‌آید.

فشار یک اتمسفر را فشار متعارف نیز می‌گوییم.

اکنون با توجه به بیان بالا، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

۱ــ دلیل افزودن ماده‌ی ضدیخ به آب رادیاتور اتومبیل‌ها در زمستان چیست؟

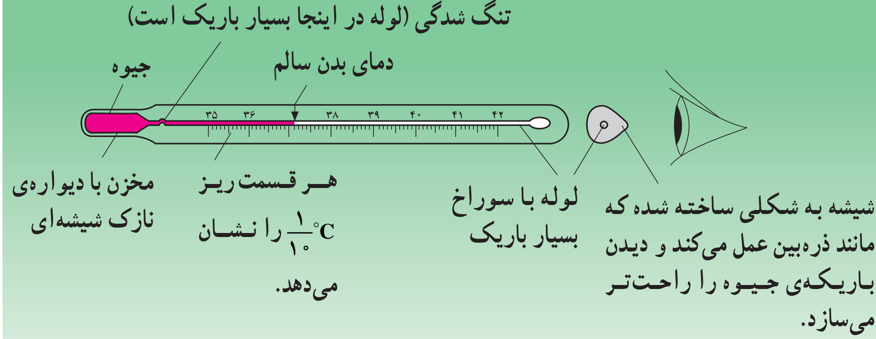
۲ــ کوهنوردان می‌گویند که تخم‌مرغ در ارتفاع‌های بالاتر دیرتر آب‌پز می‌شود. دلیل این امر چیست؟

۳ــ چرا غذا در دیگ زودپز زودتر پخته می‌شود؟

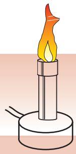
۴ــ از یک کوهنورد حرفه‌ای بپرسید که برای آن‌که تخم‌مرغ در ارتفاع‌های بالا سریع‌تر آب‌پز شود چه تدبیری باید اندیشید؟

فعالیّت ۵

شکل زیر یک دماسنج پزشکی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل تفاوت‌هایی را که این دماسنج با دماسنج جیوه‌ای معمولی دارد بیان کنید.



۲ــ ۲ــ تعادل گرمایی، دمای تعادل



آزمایش کنید ــ ۳

وسیله‌های آزمایش: لیوان، دماسنج، شمع یا چراغ گاز، کبریت، ظرف آب،میخ، گیره.

۱ــ لیوانی را از آب سرد پر کنید و دمای آن را با دماسنجی که درون آن قرار می‌دهید اندازه بگیرید.

۲ــ میخ را توسط شعله‌ی شمع یا چراغ گاز داغ کنید و آن را درون لیوان بیندازید.

۳ــ به نحوه‌ی تغییر دمای آب دقت کرده و آن را یادداشت کنید.

۴ــ پس از آن‌که تغییر دما متوقف شد، میخ را از آب درون لیوان بیرون بیاورید. آیا میخ هنوز داغ است؟

۵ــ آزمایش بالا را تکرار کنید. این بار به‌جای داغ کردن میخ، آن را برای مدتی، حدود یک ربع ساعت، درون قسمت یخساز یخچال قرار دهید تا کاملاً سرد شود و آزمایش را انجام دهید. نتیجه‌ی این آزمایش را با آزمایش قبل مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

با انجام آزمایش‌های مشابه، می‌توانیم نتیجه بگیریم که هرگاه دو جسم، با دو دمای متفاوت، در تماس کامل با یک‌دیگر قرار گیرند، دمای هر دو تغییر می‌کند. به این ترتیب که دمای جسم گرم‌تر پایین می‌آید و این جسم سرد می‌شود و دمای جسم سردتر بالا می‌رود و این جسم گرم می‌شود. این تغییر دما تا جایی ادامه می‌یابد که دمای دو جسم یکسان شود. این دما را **دمای تعادل** دو جسم می‌نامیم. در این وضعیت می‌گوییم که دو جسم با یک‌دیگر در تعادل گرمایی‌اند. به عبارت دیگر :

دو جسم را هنگامی با یک‌دیگر در تعادل گرمایی گوییم که اگر در تماس کامل با یک‌دیگر قرار گیرند، دمای آن‌ها تغییری نکند.

فعالیّت ۶

آزمایش‌های دیگری طراحی کنید که در آن‌ها دو یا چند جسم غیر هم‌دما در تماس با یک‌دیگر قرار گیرند. آنگاه دمای تعادل آن‌ها را در وضعیت تعادل گرمایی اندازه بگیرید. روش کار خود را در هر مورد شرح دهید.

هم‌چنین با انجام یک آزمایش تحقیق کنید که وقتی دو جسم هم‌دما در تماس کامل با یک‌دیگر قرار می‌گیرند، تغییری در دمای آن‌ها روی نمی‌دهد.

۲ــ۳ ــ گرما

اگر از شما خواسته شود که دمای آب درون ظرفی را بالا ببرید، یعنی آب را گرم کنید، چه می‌کنید؟ به احتمال زیاد ظرف آب را روی یک شعله قرار می‌دهید. این شعله را با مصرف انرژی شیمیایی گاز یا نفت به‌وجود آورده‌اید. با قرار دادن ظرف آب روی شعله، دمای آب بالا می‌رود، یعنی انرژی درونی آن افزایش می‌یابد. روشن است که باید مقداری انرژی از شعله به آب منتقل شده باشد.

این امکان نیز وجود دارد که برای گرم کردن آب، جسم با دمای بالایی را به درون آن بیندازید. در این صورت نیز مشاهده می‌کنید که دمای آب بالا می‌رود، ولی دمای جسم داغی که درون آب انداخته‌اید کاهش می‌یابد. در اینجا انرژی درونی آب نیز افزایش یافته و انرژی درونی جسم کاهش یافته است. روشن است که مقداری انرژی از جسم به آب منتقل شده است.

پاسخ دهید ۲

یک لیوان آب داریم. اگر به جای یک جسم با دمای بالا، جسمی با دمای پایین‌تر از دمای آب را به درون آن بیندازیم، آیا تغییری در انرژی درونی آب و انرژی درونی جسم صورت خواهد گرفت؟ انرژی از کدام یک به دیگری منتقل خواهد شد؟

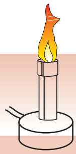
اگر همین آزمایش را با جسمی انجام دهیم که با آب هم‌دما باشد، تغییری در دمای جسم و آب روی نخواهد داد، یعنی انرژی درونی آب و جسم هر دو ثابت مانده است و تبادل انرژی بین دو جسم یکسان است.

در مثال‌های بالا می‌بینیم که هر وقت اختلاف دمایی بین دو جسم که در تماس با یک‌دیگرند برقرار باشد، انرژی از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود و از انرژی درونی یکی کاسته و به‌انرژی درونی دیگری افزوده می‌شود.

این انرژی را که در اثر وجود اختلاف دما بین دو جسم، از یکی به دیگری منتقل می‌شود **گرما** می‌نامیم. گرما را با نماد Q نمایش می‌دهیم. به این ترتیب می‌توانیم بگوییم :

گرما مقدار انرژی‌ای است که به دلیل اختلاف دما، بین دو جسم مبادله می‌شود.

۲ــ۴ ــ رسانش گرما



آزمایش کنید ــ ۴

وسیله‌های آزمایش: میله‌ی فلزی، شمع و کبریت.

یک سر یک میله‌ی فلزی را در دست خود نگه دارید و سر دیگر آن را روی شعله بگیرید و چند لحظه صبر کنید.

۱ــ چه اتفاقی می‌افتد؟ از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

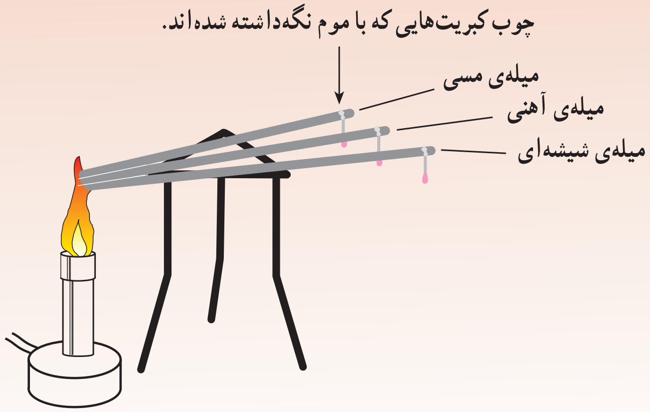
۲ــ اگر سر میله را به مدت نسبتاً طولانی روی شعله نگه دارید سر دیگر آن که در دست شماست آنقدر داغ خواهد شد که دیگر نمی‌توانید آن را نگه دارید. سر میله که در دست شما بوده است این انرژی را از کجا دریافت کرده است؟ پاسخ خود را در کلاس به بحث بگذارید.

از مشاهده‌ی پدیده‌هایی نظیر آنچه در آزمایش ۴ دیدیم، نتیجه می‌گیریم که اگر بین دو نقطه از یک جسم، اختلاف دمایی به‌وجود بیاید، گرمای درون جسم از قسمت با دمای بالاتر به قسمت با دمای پایین‌تر شارش (شارش به معنای جاری شدن است) می‌کند. این نوع شارش یا انتقال گرما را رسانش گرما می‌گوییم. در دوره‌ی راهنمایی با روش‌های دیگر انتقال گرما آشنا شدید.

آزمایش کنید ــ ۵

وسیله‌های آزمایش: چند میله از جنس‌های مختلف.

چند میله از جنس‌های متفاوت، ولی با طول و ضخامت یکسان را مطابق شکل (۲ــ۲) روی یک سه‌پایه قرار دهید. به سر هر میله چوب کبریتی را به کمک موم بچسبانید. اکنون سر دیگر هر سه میله را به‌طور همزمان توسط شعله‌ی چراغ گرما دهید. آنچه را مشاهده می‌کنید توضیح دهید.



شکل ۲ ــ ۲ ــ آهنگ رسانش گرما در ماده‌های متفاوت

همان‌گونه که در آزمایش شماره‌ی ۵ مشاهده کردید، گرما در میله‌های متفاوت با آهنگ‌های متفاوتی شارش می‌کند. میله‌های فلزی در این آزمایش گرما را بسیار سریع‌تر منتقل می‌کنند. این‌گونه مواد را رسانای گرما می‌گوییم. برخی از جسم‌ها مانند شیشه، چوب و پلاستیک گرما را بسیار آهسته منتقل می‌کنند، این‌گونه مواد را نارسانای گرما (یا عایق گرما) می‌نامیم.

آب رسانای خوبی برای گرما نیست. این موضوع را می‌توانید توسط آزمایش شماره‌ی ۶ تحقیق کنید.

آزمایش کنید ـ ۶

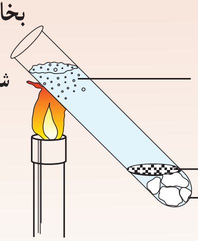
وسیله‌های آزمایش: قطعه یخ، لوله‌ی آزمایش، توری فلزی، شمع، کبریت، گیره و ظرف آب.

۱ـ یک قطعه یخ را درون یک لوله‌ی آزمایش قرار دهید. روی یخ را با یک توری فلزی بپوشانید تا سنگین شود به‌طوری‌که در مرحله‌ی بعد در ته لوله باقی بماند.

۲ـ لوله را از آب سرد پر کنید.

۳ـ سر لوله را مطابق شکل (۲ ـ۳) گرم کنید.

۴ـ آنچه را مشاهده می‌کنید یادداشت کنید و برای دوستان خود گزارش کنید.



شکل ۲ ــ ۳ ــ آب رسانای خوبی برای گرما نیست.

فنّاوری و کاربرد

چند مورد استفاده از رساناهای خوب گرما

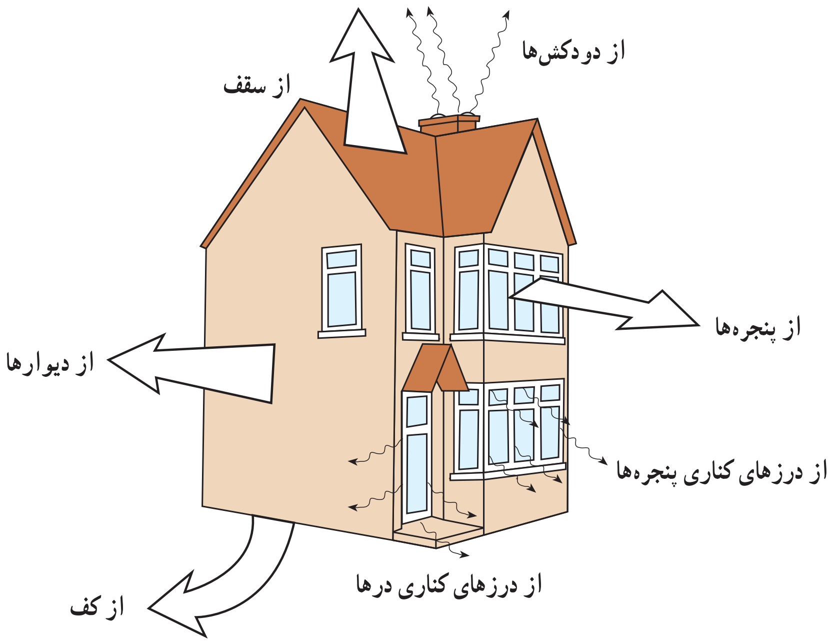
۱ــ شعله‌پخش‌کن، وسیله‌ای است فلزی که روی شعله‌ی چراغ‌گاز قرار می‌دهند تا گرمای حاصل را در ناحیه‌ی وسیع‌تری پخش کند و از سوختن غذا در یک نقطه، بلافاصله بالای شعله، جلوگیری شود.

۲ــ قابلمه‌های آلومینیومی، مسی، آهنی و یا ترکیبی از این مواد رساناهای خوبی هستند زیرا گرما را به آسانی از شعله به مواد غذایی درون خود می‌رسانند.

عایق‌بندی گرمایی (صرفه‌جویی در مصرف انرژی): در فصل زمستان معمولاً دمای هوای درون خانه‌ها و اماکن عمومی را با استفاده از انرژی شیمیایی نفت و زغال و گاز و یا انرژی الکتریکی، به اندازه‌ای که برای زندگی راحت مناسب باشد، بالا می‌برند. اختلاف دما بین هوای بیرون و درون

باعث می‌شود که مقدار زیادی گرما، از طریق رسانش، در دیوارها، درها، شیشه‌ها و پنجره‌ها به بیرون نشت کند (به‌اصطلاح تلف شود). بنابراین اگر سعی شود که در ساختمان خانه‌ها و اماکن عمومی بیشتر از مصالح ساختمانی عایق گرما استفاده شود، صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی صورت می‌گیرد. در شکل (۲ــ۴) چگونگی اتلاف انرژی از قسمت‌های مختلف یک ساختمان نشان داده شده است.

در جدول (۲ــ۲) مقایسه‌ای بین مصالح ساختمانی مختلف صورت گرفته است. اعداد این جدول برابر مقدار گرمایی است که در یک ثانیه از سطحی به مساحت یک‌مترمربع از هر یک از این مواد، با ضخامت معین عبور می‌کند به شرط آنکه بین دو طرف آن اختلاف دمایی برابر یک درجه‌ی سلسیوس وجود داشته باشد. این کمیت را معماران هنگام به‌کار بردن مصالح ساختمانی مختلف برای محاسبه‌ی اتلاف گرما به‌کار می‌برند. به این صورت که برای محاسبه‌ی انرژی تلف شده از طریق یک دیوار به‌خصوص، در یک بازه‌ی زمانی معین، ابتدا مقدار کمیت فوق را برای مصالحی که دیوار از آن ساخته شده است از جدول مربوط به‌دست می‌آوریم، سپس آن را در مساحت دیوار و در بازه‌ی زمانی مورد نظر و در اختلاف دمای بین هوای دو طرف دیوار ضرب می‌کنیم.



شکل ۲ــ۴ــ اتلاف انرژی از قسمت‌های مختلف ساختمان

جدول ۲ ــ ۲

آهنگ عبور گرما از واحد سطح به‌ازای واحد اختلاف دما برحسب $\frac{J}{m^2 s °C}$

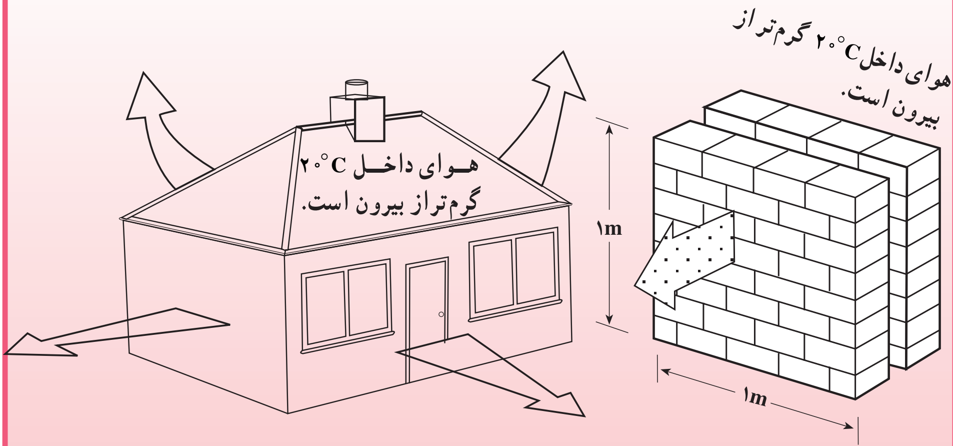
دیوار آجری یک لایه	۳/۶
دیوار آجری دولایه (با یک لایه‌ی هوا در وسط)	۱/۷
دیوار آجری دولایه (با یک لایه از جنس یک ماده‌ی عایق گرما در وسط)	۰/۵
شیشه‌ی پنجره‌ی تک لایه	۵/۷
شیشه‌ی پنجره‌ی دولایه	۲/۷

مثال ۱

در یک روز زمستانی اختلاف دمای داخل و بیرون یک خانه $۲۰ °C$ است. اگر دیوارهای این خانه از جنس آجری دولایه، با یک لایه‌ی هوا در وسط، باشد اتلاف انرژی را از یک متر مربع این دیوار برای حالت‌های زیر حساب کنید (شکل ۲ــ۵).

الف : در مدت یک ثانیه

ب : در مدت یک شبانه‌روز



شکل ۲ــ۵

پاسخ: برای به‌دست آوردن اتلاف انرژی به‌صورت زیر عمل می‌کنیم :

(آهنگ عبور گرما از واحد سطح به‌ازای واحد اختلاف دما) = اتلاف انرژی ×

(اختلاف دما)×(مدت زمان)×(مساحت)

بنابراین با توجه به جدول (۲ـ۲) داریم :

الف : $\left(1/7\frac{J}{m^2\,{}^\circ Cs}\right)\times(1m^2)\times(1s)\times(20^\circ C)=34J$ = اتلاف انرژی

ب : $24\times60\times60=86400s$ = یک شبانه‌روز برحسب ثانیه

$\left(1/7\frac{J}{m^2\,{}^\circ Cs}\right)\times(1m^2)\times(86400s)\times(20^\circ C)=2937600J$ = اتلاف انرژی

این مقدار انرژی معادل انرژی روشن بودن یک لامپ ۱۰۰واتی به مدت ۸ ساعت در شبانه‌روز است.

پاسخ دهید ۳

با مراجعه به جدول (۲ـ۲) فکر می‌کنید کدام یک از مواد فوق باعث بیش‌ترین اتلاف انرژی هستند؟

هوا رسانای بسیار ضعیف گرماست: در زمستان که هوا سرد است برای گرم نگه‌داشتن خود چه می‌کنیم؟ آیا لباس‌های زمستانی، به ما گرما می‌دهند؟ اگر پاسخ منفی است پس چگونه این لباس‌ها ما را از سرما حفظ می‌کنند؟

حتماً پاسخ شما این است که این لباس‌ها عایق گرما هستند. در واقع لباس‌های ضخیم و پشمی، بسته‌هایی از هوا را بین تارها و منفذهای خود نگه می‌دارند و از آنجا که هوا عایق خوبی برای گرماست به این ترتیب بدن ما عایق‌بندی گرمایی می‌شود.

فعالیّت ۷

در آب‌گرم‌کن‌ها چگونه از اتلاف گرمای آب داغ موجود در مخزن جلوگیری می‌کنند؟



به عکس مقابل نگاه کنید. در زمستان با این حالت پرندگان که پرهای خود را باد کرده‌اند زیاد روبه‌رو می‌شویم. آیا می‌توانید دلیل این کار را توضیح دهید.

۲ــ ۵ــ گرمای ویژه

آزمایش کنید ــ ۷

وسیله‌های آزمایش: ترازو، یک ظرف آب، چراغ الکلی یا گازی، سه‌پایه و شعله‌پخش‌کن، همزن، ظرف شیشه‌ای نسوز برای گرم کردن آب و دماسنج جیوه‌ای.

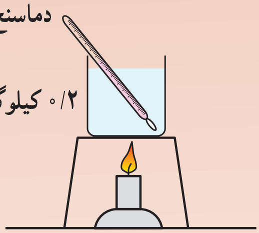
آزمایش زیر را با دو نفر از همکلاسان خود به‌طور گروهی انجام دهید.

شرح آزمایش

۱ــ ظرف شیشه‌ای را روی یک کفه‌ی ترازو قرار دهید.

۲ــ مقدار ۰/۲ کیلوگرم آب در ظرف بریزید.

۳ــ ظرف آب را مطابق شکل (۲ــ۶) روی سه پایه، بالای چراغ قرار دهید.



شکل ۲ ــ ۶

۴ــ آب را با همزن به‌هم بزنید و دمای آن را اندازه بگیرید (θ_1) و یادداشت کنید.

۵ــ در یک لحظه‌ی معین چراغ را روشن کنید. با همزن آب را به‌هم بزنید تا دمای همه‌ی قسمت‌های آب درون ظرف یکی شود.

۶ــ پس از پنج دقیقه دمای نهایی (θ_2) را یادداشت کرده و شعله‌ی چراغ را خاموش کنید.

۷ــ افزایش دمای آب یعنی $\theta_2 - \theta_1$ را محاسبه کنید و آن‌را با $\Delta\theta$ نمایش دهید.*

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

۸ ــ این آزمایش را تکرار کنید. این بار به‌جای ۰/۲ کیلوگرم آب، ۰/۴ کیلوگرم آب را به همان اندازه‌ی $\Delta\theta$ که در بند ۷ آزمایش قبل به‌دست آورده‌اید گرم کنید. آیا در این آزمایش نباید شعله‌ی چراغ را به مدت بیشتری روشن نگه‌دارید؟ (تقریباً دو برابر) چرا؟

۹ــ بار دیگر آزمایش را تکرار کنید. این‌بار همان ۰/۲ کیلوگرم آب اول را روی چراغ بگذارید ولی دمای آن را به اندازه‌ی $2\Delta\theta$ افزایش دهید. باز هم می‌بینید که مجبورید شعله‌ی چراغ را به مدت بیشتری روشن نگه دارید (تقریباً دو برابر).

نتیجه‌ی آزمایش را به کلاس گزارش کنید.

---

* در متن‌های علمی معمولاً اختلاف بین دو مقدار از یک کمیت را با نوشتن یک Δ در سمت چپ نماد آن کمیت نمایش می‌دهند. یعنی: $\Delta x = x_2 - x_1$

در آزمایش شماره‌ی ۷ اگر می‌دانستید که شعله‌ی چراغ در هر ثانیه چند ژول گرما به آب می‌دهد می‌توانستید مقدار گرمایی را که در هر آزمایش به آب منتقل شده است با اندازه‌گیری زمان روشن بودن شعله‌ی چراغ حساب کنید.

پیش از این گفتیم که گرما همواره از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر منتقل می‌شود. اندازه‌گیری مقدار گرمایی که آب از شعله‌ی چراغ دریافت می‌کند کار ساده‌ای نیست چون مقداری از انرژی شعله به جسم‌های دیگری که در اطراف قرار دارند و در دمای پایین‌تری هستند می‌رسد. اندازه‌گیری دقیق گرمایی که بین دو جسم مبادله می‌شود باید با مراقبت‌های ویژه‌ای انجام شود تا از مبادله‌ی گرما با جسم‌های دیگر تا حد امکان جلوگیری شود.

اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهد که مقدار گرمایی که باید به m کیلوگرم آب بدهیم تا به اندازه‌ی $\Delta\theta$ درجه‌ی سلسیوس گرم شود :

۱ــ متناسب است با m (جرم آب) ؛ یعنی : $Q \propto m$

۲ــ متناسب است با $\Delta\theta$ (مقدار افزایش دما) ؛ یعنی $Q \propto \Delta\theta$

این دو رابطه را می‌توان در یک رابطه خلاصه کرد :

$$Q \propto m\Delta\theta$$

یعنی اگر برای مثال جرم آب یا مقدار افزایش دما را دوبرابر کنیم، مقدار گرمای لازم دوبرابر می‌شود. به عبارت دیگر نسبت $\frac{Q}{m\Delta\theta}$ همواره مقدار ثابتی است. این مقدار ثابت را گرمای ویژه‌ی آب می‌نامیم.

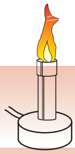
$$\text{گرمای ویژه‌ی آب} = \frac{Q}{m\Delta\theta} = \frac{\text{مقدار گرمای لازم برای افزایش دما}}{(\text{جرم آب}) \times (\text{افزایش دما})}$$

اگر در مخرج این کسر m را برابر یک کیلوگرم و $\Delta\theta$ را برابر یک درجه‌ی سلسیوس بگیریم، می‌توانیم نتیجه بگیریم که :

گرمای ویژه‌ی آب برابر است با مقدار گرمایی که برای گرم کردن یک کیلوگرم آب به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس لازم است.

یکای گرمای ویژه، ژول بر کیلوگرم بر درجه‌ی سلسیوس است ($\frac{J}{kg^{\circ}C}$).

آزمایش کنید ــ ۸



۱ــ آزمایش ۷ را با ۰/۲ کیلوگرم آب خالص تکرار کنید و دمای آب را به اندازه‌ی $10^\circ C$ افزایش دهید. مدت زمانی که لازم است ظرف آب را روی شعله‌ی چراغ نگه‌دارید یادداشت کنید.

۲ــ بار دیگر آزمایش را تکرار کنید. این بار نخست دو قاشق نمک در آب بریزید و آن را خوب به‌هم بزنید تا نمک کاملاً در آب حل شود. مدت زمان لازم برای افزایش دمای ۰/۲ کیلوگرم آب نمک به اندازه‌ی $10^\circ C$ را اندازه بگیرید.

۳ــ دو آزمایش را با هم مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ نتیجه را در کلاس با دوستان خود به بحث بگذارید.

با انجام آزمایش ۸ دریافته‌اید که گرمای ویژه‌ی آب نمک کمتر از گرمای ویژه‌ی آب است. اگر به‌جای آب نمک از مایع دیگری استفاده کنید خواهید دید که گرمای ویژه‌ی مایع‌های مختلف با یک‌دیگر تفاوت دارد. همین‌طور می‌توانیم گرمای ویژه‌ی مواد جامد و گازی دیگر را تعریف کنیم.

گرمای ویژه‌ی هر جسم مقدار گرمایی است که باید به یک کیلوگرم از آن جسم داده شود تا دمای آن یک درجه‌ی سلسیوس افزایش یابد.

گرمای ویژه را با نماد C نمایش می‌دهیم. گرمای ویژه‌ی چند ماده در جدول (۲ ــ۳) داده شده است.

جدول ۲ ــ ۳ــ گرمای ویژه‌ی چند ماده‌ی مختلف

ماده	گرمای ویژه برحسب ($\frac{J}{kg^\circ C}$)
آب	۴۲۰۰
آب دریا	۳۹۰۰
یخ	۲۱۰۰
آلومینیوم	۹۰۰
بتون	۸۰۰
گرانیت	۸۰۰
شیشه	۷۰۰
فولاد	۵۰۰
مس	۴۰۰
جیوه	۱۵۰

محاسبه‌ی انرژی گرمایی لازم برای ایجاد یک تغییر معین در دما: برای آنکه دمای m کیلوگرم از جسمی با گرمای ویژه‌ی C را به اندازه‌ی $\Delta\theta$ تغییر دهیم، Q ژول انرژی گرمایی لازم است. از تعریف گرمای ویژه داریم:

$$C = \frac{Q}{m\Delta\theta}$$

به عبارت دیگر:

$$Q = mC\Delta\theta = mC(\theta_2 - \theta_1) \qquad (۲ــ۱)$$

در این رابطه Q (انرژی) برحسب ژول، m (جرم) برحسب کیلوگرم، C (گرمای ویژه) برحسب ژول بر کیلوگرم بردرجه‌ی سلسیوس و $\Delta\theta$ (تغییر دما) برحسب درجه‌ی سلسیوس است.

رابطه‌ی (۲ــ۱) درباره‌ی جسمی که گرما از دست می‌دهد نیز درست است. به این ترتیب که اگر دمای θ_2 کمتر از θ_1 باشد «$\theta_2 - \theta_1$» منفی خواهد شد و در نتیجه Q نیز منفی می‌شود. علامت منفی نشان می‌دهد که جسم، انرژی از دست داده است.

مثال ۲

چقدر انرژی به صورت گرما لازم است تا دمای ۲/۵ کیلوگرم مس را از $۲۰^\circ C$ به $۳۰^\circ C$ برسانیم؟

حل: از جدول (۲ــ۳) داریم:

$$C_{\text{مس}} = ۴۰۰ \frac{J}{kg^\circ C}$$

در نتیجه با نشاندن اعداد بالا در رابطه‌ی (۲ــ۱)، پاسخ مثال را به‌دست می‌آوریم:

مقدار انرژی لازم $Q = mC(\theta_2 - \theta_1) = ۲/۵ \times ۴۰۰ \times (۳۰ - ۲۰) = ۱۰۰۰۰J = ۱۰kJ$

تمرین ۱

قطعه‌ای از موتور یک خودرو به جرم ۱/۹kg که از ترکیب دو فلز آهن و آلومینیوم ساخته شده است باید در دمای $۱۵۰^\circ C$ کار کند. اگر ۱۹۶kJ انرژی لازم باشد تا دمای آن از $۲۰^\circ C$ به دمای $۱۵۰^\circ C$ برسد، گرمای ویژه‌ی این آلیاژ چه مقدار است؟

مثال ۳

دمای ۲ کیلوگرم آلومینیوم از $۳۵^\circ C$ به $۲۵^\circ C$ رسیده است. مقدار گرمایی را که در این فرایند منتقل شده است حساب کنید.

حل: گرمای ویژه‌ی آلومینیوم (با استفاده از جدول ۲ ــ۳) برابر است با :

$$C_{\text{آلومینیوم}} = ۹۰۰ \frac{J}{kg^\circ C}$$

در نتیجه با استفاده از رابطه‌ی (۲ ــ۱) داریم :

$$Q = mC(\theta_۲ - \theta_۱)$$

$$Q = ۲ \times ۹۰۰(۲۵ - ۳۵) \rightarrow Q = ۱۸۰۰(-۱۰) = -۱۸۰۰۰J = -۱۸kJ$$

علامت منفی نشان‌دهنده‌ی آن است که جسم، انرژی از دست داده است.

فنّاوری و کاربرد

در جدول (۲ــ۳) می‌بینیم که گرمای ویژه‌ی آب نسبت به سایر مواد بیشتر است. این نشان می‌دهد که وقتی یک کیلوگرم آب به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس گرم می‌شود، در مقایسه با سایر مواد مقدار گرمای بیشتری از محیط اطراف خود و از اجسامی که با آن‌ها در تماس است دریافت کرده است. از این خاصیت آب برای انتقال گرما از یک مخزن آب گرم به درون رادیاتورها (تابشگرها) استفاده می‌شود. آب گرم شده که از مخزن به‌وسیله‌ی تلمبه و از طریق لوله‌کشی‌های مربوط، به‌رادیاتورها می‌رسد، در آنجا در تماس با رادیاتور، که در تماس با هوای سرد است، سرد می‌شود و انرژی درونی خود را به رادیاتور می‌دهد و بار دیگر، از طریق لوله‌های برگشت، آب به مخزن برمی‌گردد و در آنجا باز همین عمل تکرار می‌شود.

فعالیّت ۸

اگر به‌جای آب از مایع دیگری در لوله‌کشی مخصوص گرم کردن منزل‌ها استفاده شود چه تغییری دیده خواهد شد؟

تمرین‌های فصل دوم

۱ــ پاسخ دهید :

الف ــ چرا دیواره‌ی شیشه‌ای مخزن دماسنج باید نازک باشد؟

ب ــ چرا آب مایع مناسبی برای استفاده در خنک کردن موتور اتومبیل است؟

پ ــ چرا در زمستان هنگامی که سطح آب دریاچه یخ می‌بندد، با افزایش ضخامت یخ، آهنگ افزایش ضخامت یخ کند می‌شود؟

۲ــ آزمایشی را طراحی کنید که نشان دهد هوا رسانای ضعیف گرماست.

۳ــ پاسخ دهید :

الف ــ چرا موادی نظیر پشم و تارهای شیشه‌ای عایق‌های گرمایی خوبی هستند؟

ب ــ یک قطعه چوب و یک قطعه آهن هم‌دما را لمس کنید. چرا آهن سردتر به‌نظر می‌آید؟ آیا این به‌دلیل خطای لامسه است؟ توضیح دهید. (فرض کنید دمای دو قطعه از دمای دست فرد لمس‌کننده کمتر است).

۴ــ با توجه به عکس دمانگاشت یک ساختمان که در آغاز این فصل آمده است، شما چه پیشنهادی برای کم شدن اتلاف گرما دارید؟

۵ــ الف ــ دمای یک قطعه آلومینیوم ۱۵ کیلوگرمی از $۶۰^{\circ}C$ به $۱۰^{\circ}C$ می‌رسد. این قطعه آلومینیوم چه مقدار از انرژی درونی خود را از دست داده است؟

ب ــ اگر ۱۵ کیلوگرم آب از دمای $۶۰^{\circ}C$ به دمای $۱۰^{\circ}C$ برسد چه مقدار از انرژی درونی خود را از دست داده است؟

ج ــ با سردشدن کدام‌یک از این دو جسم گرمای بیشتری به محیط داده شده است؟ با توجه به نتیجه‌ی این مسئله و با استفاده از جدول (۲ ــ۳) یک دلیل بیاورید که چرا آب مایع مناسبی برای رادیاتورهاست؟

۶ــ گرمای ویژه‌ی آب بالاست. چند مورد استفاده برای این ویژگی را بیابید.

۷ــ یک گرمکن الکتریکی در هر ثانیه ۱۱۰۰ ژول انرژی الکتریکی را به گرما تبدیل می‌کند. این گرمکن را درون ۳ کیلوگرم آب قرار می‌دهیم. اگر گرمکن برای ۱۲۰ ثانیه روشن باشد دمای آب در هر یک از حالت‌های زیر چه مقدار افزایش پیدا می‌کند؟

الف ــ همه‌ی انرژی گرمایی گرمکن به آب داده شود.

ب ــ ۸۰ درصد انرژی گرمایی گرمکن به آب داده شود.

۸ ــ تجربه نشان می‌دهد دمای قسمتی از زمین که برف روی آن است تقریباً ۱۰درجه‌ی

سلسیوس بیشتر از دمای زمین بدون برف است. علت را توضیح دهید.

۹ــ تحقیق کنید :

الف ــ در خانه و مدرسه بررسی کنید و ببینید بیش‌ترین اتلاف انرژی در چه قسمت‌هایی صورت می گیرد.

ب ــ شما برای جلوگیری از این اتلاف‌ها چه پیشنهادهایی می‌توانید ارائه کنید.

پ ــ یکی از پیشنهادهایی را که به نظر شما و هم‌کلاسی‌هایتان قابل اجراست زیر نظر دبیر خود به صورت یک طرح کامل بنویسید و به کلاس ارائه کنید.

۱۰ ــ یک میخ فولادی به جرم ۱۰g، در حین کوبیده‌شدن در چوب، گرم می‌شود. اگر ۶۰ درصد انرژی جنبشی چکشی به جرم ۱/۲kg که با سرعت ۸m/s به میخ برخورد کرده و متوقف شده است به گرما تبدیل شده و به میخ داده شود، دمای آن را چه مقدار بالا می‌برد؟

۱۱ــ در یک برنامه‌ی رژیم غذایی ادعا شده است : هر مقدار دلتان می‌خواهد بخورید ولی به مقدار کافی آب سرد بنوشید، در این صورت چاق نمی‌شوید. فرض کنید کل انرژی غذا در بدن صرف رساندن دمای آب سرد ۷°C به ۳۷°C شود. با استفاده از جدول زیر معین کنید چند لیتر آب سرد ۷°C باید بنوشیم تا تأثیر یک همبرگر ۱۰۰ گرمی و ۲۰۰ گرم سیب‌زمینی سرخ‌شده‌ی همراه آن را خنثی کنیم.

غذا	همبرگر	سیب‌زمینی
انرژی برحسب ژول بر کیلوگرم	$۸/۰\times۱۰^{۶}$	$۶/۰\times۱۰^{۶}$

۱۲ــ این پرسش درباره‌ی هزینه‌ی عایق‌بندی یک خانه است. سقف و دیوارها عایق‌بندی نشده‌اند و شیشه‌ی پنجره تک لایه است.

الف ــ با استفاده از داده‌های زیر کدام روش را برای عایق‌بندی خانه با هزینه‌ی کم‌تر پیشنهاد می‌کنید؟

ب ــ چند سال لازم است تا هزینه‌ی پرداخت شده برای عایق‌بندی سقف اتاق‌ها جایگزین شود؟

- هزینه‌ی سوخت برای گرمایش یک خانه ۱۰۰۰۰×۷۰۰ ریال در یک سال
- هزینه‌ی دو جداره‌کردن شیشه‌ی پنجره ۱۰۰۰۰×۵۰۰ ریال است که این عمل باعث ۲۰ درصد کاهش سالیانه از هزینه‌ی سوخت می‌شود.
- هزینه‌ی عایق‌بندی سقف اتاق‌ها ۱۰۰۰۰×۴۵۰ ریال است که این مبلغ باعث ۳۰ درصد کاهش هزینه‌ی سوخت می‌شود.
- هزینه‌ی دوجداره‌کردن دیوارهای خانه ۱۰۰۰۰×۱۸۰۰ ریال است که این عمل سبب ۲۵ درصد کاهش سالیانه از هزینه‌ی سوخت می‌شود.

۳

الکتریسیته



آیا می‌دانید « چرا تکّه‌های کاغذ جذب شانه‌ی پلاستیکی شده‌اند؟»

در کتاب‌های علوم تجربی دوره‌ی راهنمایی با بارالکتریکی آشنا شدیم و دیدیم که :

۱ــ وقتی دو جسم را به یک‌دیگر مالش می‌دهیم، در هریک از آن‌ها بار الکتریکی ایجاد می‌شود.

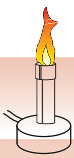
۲ــ بارهای الکتریکی بر یک‌دیگر اثر می‌کنند و بارهای همنام یک‌دیگر را می‌رانند و بارهای غیرهمنام یک‌دیگر را می‌ربایند.

در این فصل ضمن یادآوری آن مطالب، جزییات دقیق‌تری از چگونگی باردار شدن یک جسم و مطالب دیگری در همین زمینه خواهید آموخت. به‌دنبال آن در مورد اختلاف پتانسیل، به‌عنوان عامل شارش بار و ایجاد جریان الکتریکی، شرح مختصری خواهد آمد. در انتهای فصل، به بررسی قانون اهم، انرژی و توان الکتریکی مصرفی می‌پردازیم.

۳ــ۱ــ بارالکتریکی

در علوم تجربی سال اول راهنمایی دیدیم که اتم از دو قسمت، شامل هسته و الکترون‌ها، تشکیل شده است. هسته فضای بسیار کوچکی از اتم را اشغال می‌کند و الکترون‌ها در فاصله‌ی نسبتاً دوری از هسته (نسبت به بزرگی هسته) به دور آن می‌چرخند، هسته خود از ذره‌های ریزی به‌نام پروتون و نوترون تشکیل شده است. بارالکتریکی الکترون منفی و بارالکتریکی پروتون مثبت ولی اندازه‌ی بار هر دو با هم مساوی است. نوترون بارالکتریکی ندارد.

در حالت عادی تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی هر اتم برابر تعداد الکترون‌های آن اتم است. درنتیجه اتم از نظر الکتریکی خنثی است. اجسام نیز که از اتم‌های خنثی درست شده‌اند از نظر الکتریکی خنثی هستند. تجربه نشان می‌دهد که جدا کردن پروتون از اتمِ یک عنصر، به‌آسانی جدا کردن الکترون از آن نیست.



آزمایش کنید ـ ۱

وسیله‌های آزمایش: یک تیغه‌ی شیشه‌ای، یک تیغه‌ی پلاستیکی، پارچه‌ی پشمی و ابریشمی، مقداری خرده کاغذ.

۱ــ تیغه‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش دهید و به خرده‌های کاغذ نزدیک کنید. چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۲ــ همین آزمایش را با تیغه‌ی پلاستیکی و پارچه‌ی پشمی انجام دهید و مشاهده‌های خود را بیان کنید.

۳ــ۲ــ بارالکتریکی در اجسام باردار

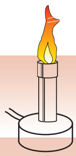
وقتی دو جسم به یک‌دیگر مالش داده می‌شوند، تعدادی الکترون از یکی به دیگری منتقل می‌شود. درنتیجه، جسمی که الکترون از دست می‌دهد، تعداد الکترون‌هایش کم‌تر از تعداد پروتون‌های آن می‌شود و بارالکتریکی آن مثبت می‌شود و برعکس، جسمی که الکترون اضافی دریافت می‌کند، تعداد الکترون‌هایش بیش‌تر از پروتون‌هایش شده و بارالکتریکی آن منفی می‌شود. پس، افزایش تعداد الکترون‌ها در یک جسم، بار جسم را منفی و کاهش تعداد الکترون‌ها بار جسم را مثبت می‌کند.

یکای بارالکتریکی کولن نام دارد. کولن را با نماد C نشان می‌دهیم. اندازه‌ی بارالکتریکی یک الکترون و یا یک پروتون برابر $۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}C$ است. که آن را با نماد e نمایش می‌دهیم:

$$e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}C$$

بنابراین، بارالکتریکی الکترون برابر $-e$ و بارالکتریکی پروتون برابر $+e$ است، اگر به جسمی خنثی، یک الکترون بدهیم و یا از آن یک الکترون بگیریم، بارالکتریکی آن به اندازه‌ی e تغییر می‌کند. اگر تعداد الکترون‌هایی که به جسم می‌دهیم و یا از آن می‌گیریم برابر n باشد، بارالکتریکی جسم به‌اندازه‌ی ne تغییر می‌کند. در این حالت بارالکتریکی جسم، که با نماد q نشان داده می‌شود، برابر است با:

$$q = \pm ne \quad \text{و} \quad n = ۰,۱,۲,... \qquad (۱ــ۳)$$



آزمایش کنید ــ ۲

وسیله‌های آزمایش: دوتیغه‌ی شیشه‌ای، دو تیغه‌ی پلاستیکی، پارچه‌ی پشمی و ابریشمی، نخ، پایه.

۱ــ تیغه‌ی شیشه‌ای را با پارچه‌ی ابریشمی مالش دهید و آن را از گرانیگاه به‌وسیله‌ی نخ خشک آویزان کنید.

سپس تیغه‌ی شیشه‌ای دیگری را با پارچه‌ی ابریشمی مالش داده و به تیغه‌ی شیشه‌ای آویخته شده نزدیک کنید، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

۲ــ همین آزمایش را با دو تیغه‌ی پلاستیکی که با پارچه‌ی پشمی مالش داده‌اید تکرار کنید و مشاهده‌های خود را بیان کنید.

۳ــ آزمایش را با تیغه‌ای شیشه‌ای و تیغه‌ای پلاستیکی انجام دهید. نتیجه‌ی تجربه‌های انجام شده را در گروه خود تفسیر و ربایشی یا رانشی بودن نیروها را مشخص کنید.

پاسخ دهید

۱ــ موهای تمیز و خشک خود را با یک شانه‌ی پلاستیکی خشک شانه کنید.
چرا موهای شما مرتب نمی‌شود و به سوی دانه‌های شانه کشیده می‌شود؟

۲ــ با یک پارچه‌ی خشک، صفحه‌ی تلویزیون را تمیز کنید. چرا پرزهای پارچه به صفحه‌ی تلویزیون می‌چسبند؟

۳ــ در تاریکی لباس خود را از تن بیرون آورید، چرا جرقه زده می‌شود؟

پاسخ این سؤال‌ها را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

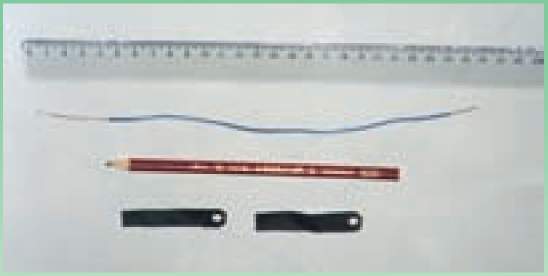
فعالیت

الکتروسکوپ (برق‌نما) بسازید.

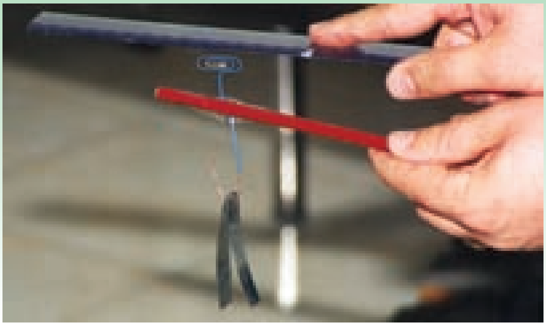
برای این کار به ترتیب زیر عمل کنید :

ــ با یک ورق آلومینیومی نازک دو نوار باریک مطابق شکل (۳ــ۱ــ الف) تهیه کنید.

ــ دو سر قطعه سیم روپوش‌داری به طول تقریبی ۲۰ سانتی‌متر را مطابق شکل (۳ــ۱ــ الف) لخت کنید.



شکل ۳ــ۱ــ الف



شکل ۳ــ۱ــ ب

ــ یک سرسیم را مطابق شکل (۳ــ۱ــ ب) به صورت مارپیچ درآورید و ورق‌های آلومینیوم را روی سر دیگر سیم قرار دهید و الکتروسکوپ را کامل کنید.
ــ با بحث در گروه خود، روش‌های دیگری برای ساخت الکتروسکوپ ساده پیشنهاد کنید.

۳ــ۳ــ جسم رسانا و نارسانا

برای آنکه با مفهوم رسانایی و نارسانایی آشنایی بیش‌تری پیدا کنید، آزمایش زیر را انجام دهید.

آزمایش کنید ــ ۳

وسیله‌های آزمایش: میله‌ی مسی، پارچه، الکتروسکوپ.
یک میله‌ی مسی کوچک را گرفته و تلاش کنید با مالش دادن آن بر روی یک پارچه، در آن بارالکتریکی ایجاد کنید. برای اطمینان از باردار شدن میله‌ی مسی،آن را پس از مالش، به کلاهک الکتروسکوپ بدون باری نزدیک کنید.آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

پیش از این دیدیم که هر اتم دارای الکترون‌هایی است که در مدارهایی به دور هسته می‌چرخند. الکترون‌هایی که به هسته نزدیک‌ترند، بستگی بیش‌تری به هسته دارند و به آسانی نمی‌توان آن‌ها را از اتم جدا کرد. در بعضی اجسام، برخی از الکترون‌ها، به‌راحتی از اتم جدا می‌شوند. به این الکترون‌ها که به آسانی می‌توانند درون جسم جابه‌جا شوند، **الکترون آزاد** می‌گویند. تعداد الکترون‌های آزاد در فلزات بسیار زیاد است.

وقتی میله‌ی مسی را با پارچه مالش می‌دهیم، بارالکتریکی‌ای که به علت مالش در آن تولید می‌شود، با جابه‌جا شدن الکترون‌های آزاد، به‌وسیله‌ی دست به بدن انسان منتقل می‌شود. درنتیجه میله‌ی مسی را هنگامی که با بدن در تماس است نمی‌توان به کمک مالش باردار کرد. جسم‌هایی مانند مس و سایر فلزها، که به علت داشتن الکترون آزاد، بارالکتریکی در آن‌ها شارش می‌کند **رسانا** می‌نامند. جسم‌هایی مانند میله‌ی پلاستیکی و شیشه‌ای که الکترون نمی‌تواند در آن‌ها آزادانه حرکت کند و در

نتیجه بارالکتریکی را از خود عبور نمی‌دهند، **نارسانا** می‌نامند.

پاسخ دهید ۲

۱ــ چرا آزمایش‌های الکتریسیته‌ی ساکن در روزهای سرد و خشک، نتیجه‌ی بهتری می‌دهد؟

۲ــ چرا در بعضی مواد مانند پلاستیک یا نایلون بهتر از سایر مواد می‌توان بارالکتریکی تولید کرد؟

فعالیت ۲

جمله‌های زیر را کامل کنید:

۱ــ وقتی دو جسم به یک‌دیگر .... داده می‌شود، بین آن‌ها الکترون مبادله می‌شود.

۲ــ با جابه‌جا شدن الکترون‌های آزاد، بار الکتریکی درون ....شارش می‌کند.

۳ــ در یک جسم .... بارالکتریکی در محل ایجاد شده باقی می‌ماند.

۴ــ نیرویی که بارهای الکتریکی هم‌نوع بر یک‌دیگر وارد می‌کنند .... و نیرویی که بارهای الکتریکی غیر هم‌نوع بر یک دیگر وارد می‌کنند .... است.

۳ــ۴ــ پایستگی بارالکتریکی

دیدیم که برای باردار کردن یک جسم باید تعدادی الکترون به آن بدهیم و یا از آن بگیریم. در این مبادله‌ی الکترون‌ها، هیچ‌گاه الکترونی تولید نمی‌شود و یا از بین نمی‌رود بلکه الکترون‌ها تنها از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شوند لذا با توجه به اینکه هر الکترون دارای مقدار معینی بار الکتریکی است، می‌توان گفت: بارالکتریکی به‌وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود. این اصل، پایستگی بارالکتریکی نامیده می‌شود.

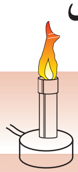
تمرین ۱

۱ــ می‌دانیم که تعداد الکترون‌های آزاد موجود در رساناها بسیار زیاد است. به‌عنوان مثال در یک سانتی‌مترمکعب مس در حدود $۱۰^{۲۲}$ الکترون آزاد وجود دارد. آیا بزرگی این عدد را می‌توانید تصور کنید؟ برای آنکه به بزرگی این عدد پی ببرید، فرض کنید بخواهید این تعداد الکترون را بشمارید. شما در هر ثانیه قادر به شمارش چه تعداد الکترون هستید؟ ۲، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰۰،... فرض کنید که در هر ثانیه بتوانید یک تریلیون یعنی $۱۰^{۱۲}$ الکترون را بشمارید. چه مدت طول می‌کشد تا تمام الکترون‌های آزاد موجود در یک سانتی‌متر مکعب مس را بشمارید؟ برای محاسبه یک سال را تقریباً برابر ۳×۱۰^{۷} ثانیه درنظر بگیرید.

۲ــ برای آنکه در جسمی خنثی بار الکتریکی ۶/۴ میکروکولن $(+۶/۴\times۱۰^{-۶}C)$ ایجاد شود، چه تعداد الکترون باید از آن گرفته شود؟

۳ــ به تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی اتم، عدد اتمی گفته می‌شود و آن را با Z نشان می‌دهند. عدد اتمی مس برابر ۲۹ است. بارالکتریکی هسته‌ی اتم مس چه قدر است؟ اتم مس چه مقدار بارالکتریکی منفی دارد؟ بارالکتریکی اتم مس چه قدر است؟

۳ــ۵ــ القای بارالکتریکی



آزمایش کنید ـ ۴

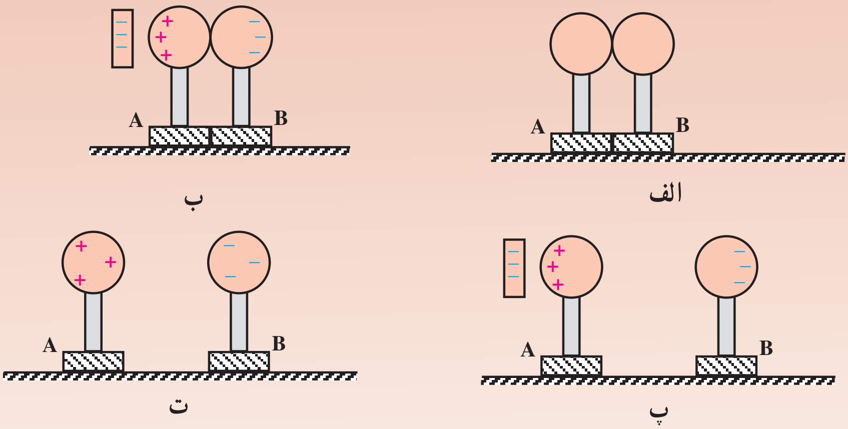
وسیله‌های آزمایش: دو کره‌ی فلزی، پایه‌های عایق، تیغه‌ی پلاستیکی، تیغه‌ی شیشه‌ای، پارچه‌ی پشمی.

۱ــ دو کره‌ی فلزی را که روی پایه‌های نارسانا قرار دارند مطابق شکل (۳ــ۲ــالف) در تماس با یک‌دیگر قرار دهید. (اگر کره در اختیار ندارید می‌توانید دو تیغه‌ی فلزی کوچک انتخاب و آن‌ها را با دو نخ خشک آویزان کنید؛ و یا این که دو کاسه زنگ دوچرخه را روی پایه‌های نارسانا (مثلاً چوبی) نصب کنید) با تماس دست به آن‌ها مطمئن شوید که بدون بارالکتریکی‌اند.

۲ــ یک تیغه‌ی پلاستیکی را با پارچه‌ی‌پشمی مالش دهید. چه نوع بارالکتریکی

پیدا می‌کند، منفی یا مثبت؟

۳ــ مطابق شکل (۳ــ۲ــ ب) تیغه‌ی پلاستیکی را به کره‌ی A نزدیک کنید.



شکل ۳ــ۲ــ باردار کردن به روش القا

۴ــ بدون آنکه مکان تیغه‌ی پلاستیکی را تغییر دهید، پایه‌ی چوبی کره‌ها را گرفته و دو کره را از هم جدا کنید شکل (۳ــ۲ــ پ).

۵ــ تیغه‌ی پلاستیکی را دور کنید شکل (۳ــ۲ــ ت).

آنچه را که مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

نتیجه‌ی بحث و گزارش خود را با آنچه ما با انجام آزمایش بالا به دست آورده‌ایم و در ادامه آمده است،مقایسه کنید :

۱ــ هر دو کره باردار شده‌اند.

۲ــ کره‌ای که به تیغه‌ ی پلاستیکی نزدیک‌تر است (کره‌ی A) دارای بار مثبت و کره‌ی دیگر (کره‌ی B) دارای بار منفی است.

روشی که در آن کره‌های رسانا را، بدون تماس با تیغه‌ی باردار، باردار کرده‌ایم، **القای بارالکتریکی** می‌نامند.

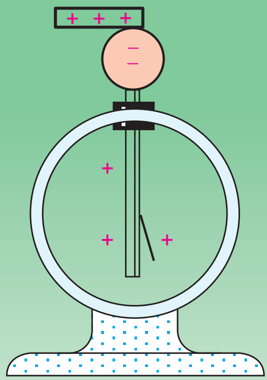
پاسخ دهید ۳

الف : توضیح دهید چرا در آزمایش بالا، کره‌ی A دارای بار مثبت و کره‌ی B دارای بار منفی است.

ب : آیا بارالکتریکی تیغه‌ی پلاستیکی کاهش یافته است؟

فعالیت۳

۱ــ هرگاه جسمی را که دارای بارالکتریکی است (مثلاً میله‌ای شیشه‌ای با بار مثبت) به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس دهید(شکل ۳ــ۳)، چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را توضیح دهید.



شکل ۳ــ۳ــ باردار کردن الکتروسکوپ

۲ــ در گروه خود مراحل باردار کردن یک الکتروسکوپ به روش القای الکتریکی را پیشنهاد کنید ، سپس آن را به روشی که پیشنهاد کرده‌اید،باردار کنید.

فعالیت۴

۱ــ با الکتروسکوپ چگونه می‌توان تعیین کرد که :

الف ــ جسمی باردار است؟

ب ــ جسم چه نوع باری دارد؟

پ ــ جسمی رساناست یا نارسانا؟

۲ــ آیا با الکتروسکوپ می‌توان مقدار بار دو کره‌ی هم‌اندازه، رسانا و باردار را با یک‌دیگر مقایسه کرد؟

آذرخش یا تخلیه‌ی الکتریکی

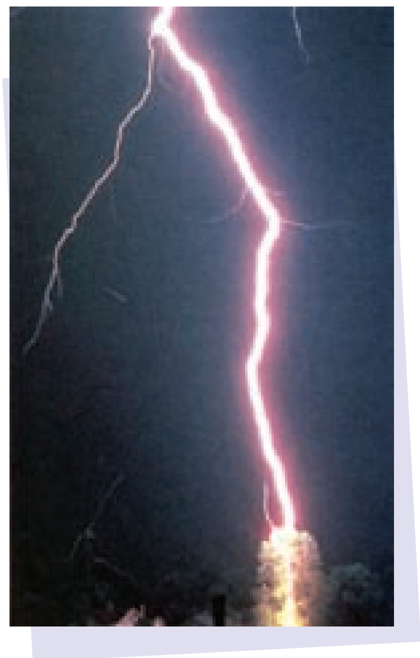
هنگامی که هوا ابری و طوفانی است، بین یک ابر با ابر دیگر و یا بین ابر و زمین جرقه‌های بزرگی زده می‌شود که آسمان یک منطقه‌ی بزرگ را روشن می‌کند و در پی آن صدای بلندی نیز شنیده می‌شود. به این پدیده آذرخش می‌گویند. آیا می‌دانید آذرخش چگونه به‌وجود می‌آید؟

ابرها به علت مالش با هوا و یا القای الکتریکی، دارای بار مثبت و یا منفی می‌شوند. در بیش‌تر موارد، قسمت رو به پایین ابر (نزدیک به زمین) دارای بار منفی و قسمت بالای آن دارای بار مثبت می‌شود. اگر دو ابر چنان به هم نزدیک شوند که قسمت‌هایی از آن‌ها که دارای بارهای ناهمنام است، مجاور هم قرار گیرند، امکان دارد تخلیه‌ی الکتریکی (شارش ناگهانی بارهای الکتریکی) بین دو ابر صورت بگیرد، که معمولاً با جرقه‌های بزرگ، تولید گرما و صدا همراه است (شکل ۳ــ۴ــ الف).

تخلیه‌ی الکتریکی می‌تواند به صورت دیگری نیز رخ دهد. ابرهای طوفانی می‌توانند با حرکت در مجاورت سطح زمین، آن را به روش القا باردار کنند. در این حالت امکان تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و زمین وجود دارد و می‌تواند موجب آتش‌سوزی شود (شکل ۳ــ۴ــ ب).



شکل ۳ــ۴ــ الف ــ تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و ابر

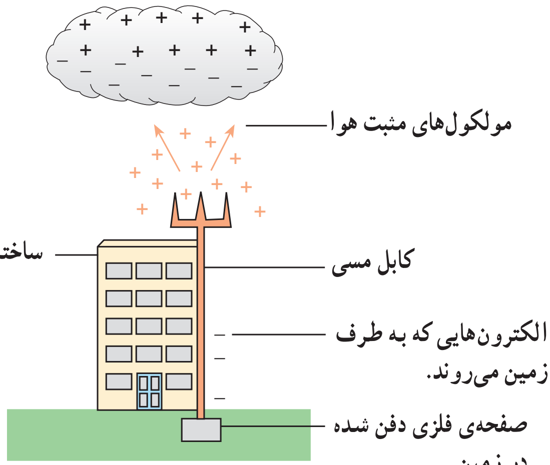


شکل ۳ــ۴ــ ب ــ تخلیه‌ی الکتریکی بین ابر و زمین

فنّاوری و کاربرد

برق‌گیر یا رسانای آذرخش : در هر ثانیه به‌طور متوسط ۱۰۰ آذرخش بر روی سطح زمین زده می‌شود. آذرخش پدیده‌ی بسیار خطرناکی است، زیرا در اثر شارش ناگهانی و بسیار عظیم بار الکتریکی، انرژی زیادی را آزاد می‌کند. این پدیده می‌تواند به ساختمان‌ها، خطوط انتقال نیرو، انسان‌ها و … خسارت‌های جدی وارد سازد. بنابراین محافظت در برابر آذرخش مسئله‌ای بسیار مهم است.

برای حفاظت ساختمان‌ها در برابر آذرخش از وسیله‌ای به‌نام برق‌گیر استفاده می‌کنند. برق‌گیر کابل ضخیمی با نوک تیز است. قسمت نوک تیز برق‌گیر را در بالاترین نقطه‌ی ساختمان نصب می‌کنند و انتهای کابل آن را در اعماق مرطوب زمین قرار می‌دهند. تیزی نوک کابل سبب می‌شود که در صورت به‌وجود آمدن آذرخش،خسارتی به ساختمان وارد نشود شکل(۳ــ ۵).



شکل ۳ــ۵

پاسخ دهید۴

۱ــ با یک جفت دم‌پایی پلاستیکی تمیز و خشک روی فرش طوری راه بروید که کف دم‌پایی روی فرش مالش داده شود. سپس با نوک انگشت خود، گوش و یا نوک بینی یک نفر را که در اتاق است، لمس کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ علت را توضیح دهید.

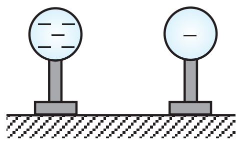
۲ــ با چه پدیده‌های دیگری، مشابه پدیده‌ی فوق، آشنا هستید؟ آیا ممکن است این پدیده‌ها خطرناک باشند؟

۳ــ چرا زیر تانکرهای مخصوص حمل سوخت، زنجیر آویزان می‌کنند؟

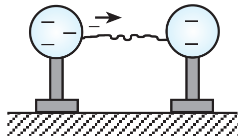
۴ــ هواپیماها هنگام حرکت دارای بار الکتریکی می‌شوند. برای تخلیه‌ی بار الکتریکی آن‌ها چه تدبیری به کار برده می‌شود؟

۳ـ۶ـ اختلاف پتانسیل الکتریکی

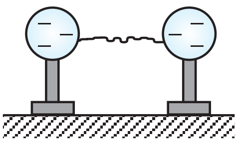
دو کره‌ی رسانای یکسان را که هر دو بر روی پایه‌های عایقی نصب شده‌اند در نظر بگیرید. فرض کنید هر دو دارای بارالکتریکی منفی باشند، اما مقدار بارالکتریکی یکی از آن‌ها از دیگری بیش‌تر باشد. اگر کره‌ها را مطابق شکل (۳ـ۶) با سیم مسی نازکی به یک‌دیگر وصل کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟



الف ـ کره‌ها اتصال ندارند.



ب ـ کره‌ها با سیم به هم وصل شده‌اند.



پ ـ پس از مدتی شارش بارقطع می‌شود.

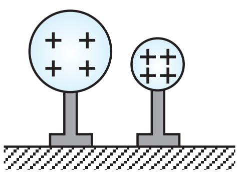
شکل ۳ـ۶

اینک این سؤال مطرح است که آیا همیشه بارهای الکتریکی از جسمی که بار بیش‌تر دارد به‌سوی جسمی که بار کم‌تر دارد شارش می‌کند؟ با ذکر یک مثال نقض می‌توان به این سؤال پاسخ منفی داد.

دو کره‌ی رسانای نامساوی که روی پایه‌های عایقی قرار دارند، مطابق شکل (۳ـ۷) در نظر بگیرید. با فرض این که بار این دو کره یکسان است،آیا فکر می‌کنید اگر با سیم مسی نازکی به یک‌دیگر وصل شوند، در سیم شارش بار خواهیم داشت؟

پاسخ مثبت است. پس اختلاف مقدار بار در اجسام به تنهایی نمی‌تواند عامل تعیین‌کننده‌ی جهت شارش بار باشد. اکنون می‌خواهیم بدانیم که شارش در کدام جهت است و تا چه زمانی ادامه پیدا می‌کند؟ چه عاملی باعث شارش بار بین این دو کره می‌شود؟

در شکل (۳ـ۷) بارهای الکتریکی دو کره یکسان، اما شعاع‌های دو کره متفاوت است و بارهای الکتریکی در کره‌ی کوچک‌تر به هم نزدیک‌ترند و نیروی رانشی بین آن‌ها بیش‌تر از نیروی رانشی بین بارهای کره‌ی بزرگ‌تر است و با اتصال آن‌ها به یک‌دیگر، بارها از کره‌ی کوچک‌تر به کره‌ی بزرگ‌تر شارش می‌کنند.



شکل ۳ـ ۷

همان‌گونه که در حالت طبیعی، شارش آب از یک منبع به منبع دیگر تنها به علت وجود اختلاف ارتفاع سطح آب در دو منبع است و شارش گرما از یک جسم به جسم دیگر به علت وجود تفاوت دمای دو جسم است، شارش بارهای الکتریکی مثبت از یک کره به کره‌ی دیگر نیز به علت وجود

کمیتی است که آن را **اختلاف پتانسیل الکتریکی** می‌نامیم. بنابراین :

اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو جسم، عامل شارش بارالکتریکی از یک جسم به جسم دیگر است. انباشته شدن بارالکتریکی مثبت بیش‌تر در یک کره و بارالکتریکی مثبت کم‌تر در کره‌ی هم‌اندازه‌ی دیگر باعث به‌وجود آمدن اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دو کره شده است. پتانسیل الکتریکی یک رسانا، علاوه بر نوع و اندازه‌ی بارالکتریکی آن، به شکل هندسی رسانا نیز بستگی دارد.

همان‌گونه که در کتاب علوم راهنمایی دیده‌اید، یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی **ولت** نام دارد که آن را با نماد V نشان می‌دهند. به اختلاف پتانسیل، ولتاژ نیز گفته می‌شود. روی اکثر وسیله‌های الکتریکی عددهایی نوشته شده است. یکی از این عددها برحسب ولت و معرف اختلاف پتانسیل مناسب برای کار دستگاه است که باید به دو سر آن وصل شود. مثلاً روی لامپی که دو عدد ۶۰W و ۲۲۰V نوشته شده است، ۲۲۰ ولت به معنی مناسب‌ترین اختلاف پتانسیلی است که می‌توان به دو سر لامپ وصل کرد. حال اگر اختلاف پتانسیل کم‌تری به آن وصل کنیم، نور لامپ ضعیف می‌شود و اگر اختلاف پتانسیل بیش‌تری به آن وصل کنیم، ممکن است لامپ بسوزد.

به‌طورکلی اگر به دو سر تمام دستگاه‌های الکتریکی اختلاف پتانسیل کم‌تر و یا بیش‌تری وصل شود، ممکن است دستگاه آسیب ببیند و یا خوب کار نکند. اختلاف پتانسیل مناسب به ساختمان درونی دستگاه بستگی دارد و با توجه به آن تعیین می‌شود که به آن **ولتاژ اسمی دستگاه** می‌گویند.

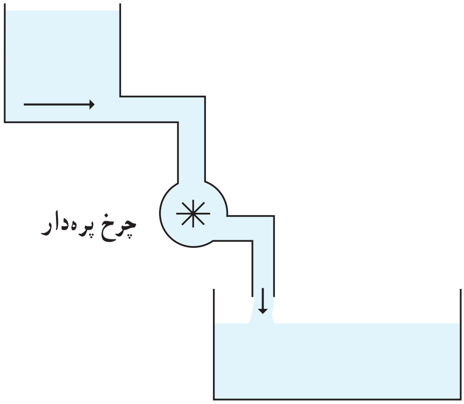
۳ــ۷ــ مولد

اکنون که دانستیم عامل شارش بارالکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی است، این پرسش را در مورد آزمایش شکل (۳ــ۶) مطرح می‌کنیم. آیا شارش بارالکتریکی از یک کره به کره‌ی دیگر، همواره ادامه دارد و یا پس از مدتی قطع می‌شود؟

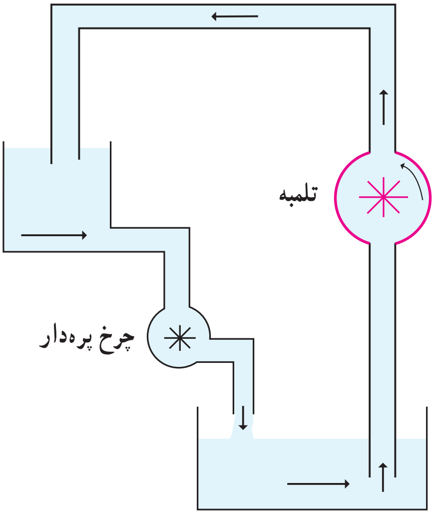
همان‌گونه که جریان آب از یک ظرف به ظرف دیگر تا زمانی ادامه می‌یابد که ارتفاع سطح آب در دو ظرف هم‌تراز شوند و یا شارش گرما تا زمانی ادامه می‌یابد که دو جسم هم‌دما شوند، شارش بارالکتریکی میان دو کره‌ی باردار نیز دایمی نیست و تا وقتی ادامه می‌یابد که بین دو کره اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود داشته باشد. وقتی اختلاف پتانسیل‌الکتریکی میان دو کره صفر شود، یعنی دو کره هم‌پتانسیل شوند، شارش بارالکتریکی میان دو کره متوقف می‌شود. اگر بخواهیم شارش بارالکتریکی بین دو کره ادامه یابد چه باید کرد؟

فرض کنید منبع آبی را در ارتفاع معینی بالای سطح زمین قرار داده‌ایم شکل (۳ــ۸). آب از لوله‌ی متصل به منبع، جریان یافته و در پایین با ریختن روی یک چرخ پره‌دار، آن را به گردش درآورده و در ظرف پایینی جمع می‌شود. روشن است پس از مدتی جریان آب قطع می‌شود.

اگر بخواهیم جریان آب ادامه یابد، باید به کمک یک تلمبه، آب را از ظرف پایینی به ظرف بالایی منتقل کنیم شکل (۳ــ۹).



شکل ۳ــ۸ــ جریان آب دایمی نیست.



شکل ۳ــ ۹ــ تلمبه با بردن آب از پایین به بالا، انرژی لازم برای جریان دایم را به آب می‌دهد.

تلمبه با دریافت انرژی الکتریکی، این کار را انجام می‌دهد. وقتی آب توسط تلمبه به منبع بالایی منتقل شد، انرژی لازم را برای جریان یافتن به پایین و به‌کار انداختن چرخ، کسب می‌کند. درنتیجه اگر تلمبه کار کند، آب از ظرف پایینی به ظرف بالایی منتقل می‌شود و دوباره به علت اختلاف ارتفاع، به ظرف پایین برمی‌گردد و این‌کار ادامه می‌یابد.

همان‌طور که کار کردن تلمبه اختلاف ارتفاع معینی را بین آب دو ظرف ایجاد می‌کند، برای آن که شارش بارالکتریکی از یک کره به کره‌ی دیگر ادامه یابد نیز باید وسیله‌ای نظیر تلمبه در مدار جریان الکتریکی قرار گیرد تا اختلاف پتانسیل الکتریکی لازم را میان دو کره ایجاد کند. این وسیله را **مولد** می‌نامیم. مولدها انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی را از واکنش‌هایی که داخل آن‌ها رخ می‌دهد، به‌دست می‌آورند. مولدها نوع‌های مختلفی دارند. با مولدهای شیمیایی (باتری) در دوره‌ی راهنمایی آشنا شده‌اید. در این مولدها انرژی لازم از واکنش‌های شیمیایی که در مولد رخ می‌دهد، به‌دست می‌آید و بارهای مثبت درون مولد از پایانه‌ی منفی به پایانه‌ی مثبت منتقل می‌شوند. مولد،

انرژی‌ای را که از واکنش‌ها به‌دست می‌آورد، صرف ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مدار می‌کند. بیش‌ترین اختلاف پتانسیلی که مولد می‌تواند به‌وجود آورد **نیروی محرکه‌ی مولد** نام دارد و با یکای ولت اندازه‌گیری می‌شود. اولین مولد شیمیایی را **ولتا**، فیزیکدان ایتالیایی ساخت به پاس خدمات او یکای اختلاف پتانسیل را ولت نام نهاده‌اند.

فعالیت ۵

مولد الکتریکی بسازید

وسیله‌های لازم: لیموترش، چاقو، تیغه‌ی مسی و تیغه‌ی رویی، سیم رابط نازک، ولت‌سنج.

یک لیموترش تازه و سالم انتخاب کنید و روی میز بگذارید. سپس به ملایمت و بدون آن‌که فشار زیادی به لیمو وارد کنید، آن را روی میز بغلتانید. تا پرده‌های داخلی آن پاره شوند، سپس دو تیغه، یکی از جنس روی و دیگری از جنس مس، به داخل لیمو فرو کنید. اکنون شما یک مولد الکتریکی ساده ساخته‌اید. اگر با سیم‌های نازک تیغه‌ها را به دو سر یک **ولت‌سنج** وصل کنید، می‌توانید نیروی محرکه‌ی آن را، که برابر عددی است که ولت‌سنج نشان می‌دهد، اندازه بگیرید. ساختمان داخلی تمام مولدهای شیمیایی شبیه به مولدی است که شما ساخته‌اید، یعنی دو فلز غیر هم‌جنس درون یک مایع شیمیایی خاص قرار دارند.

فعالیت ۶

۱ــ در شکل (۳ــ۱۰) تصویر چند نوع باتری آمده است. علاوه بر این‌ها، باتری‌های دیگری را که می شناسید، نام ببرید.

۲ــ باتری‌های معرفی شده را از نظر ولتاژ، طول عمر، شارژپذیری و ... در گروه خود مقایسه کنید و نتیجه را به صورت یک جدول تنظیم کنید.



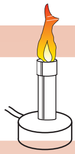
باتری تلفن همراه — باتری قلمی — باتری خودرو

شکل ۳ــ۱۰

۳ــ۸ــ مدار الکتریکی

وقتی کلید چراغ‌قوه را وصل می‌کنیم لامپ آن روشن می‌شود. آیا تاکنون به ساختمان داخلی چراغ‌قوه توجه کرده‌اید؟ آیا به ساز و کار روشن شدن لامپ چراغ‌قوه فکر کرده‌اید؟

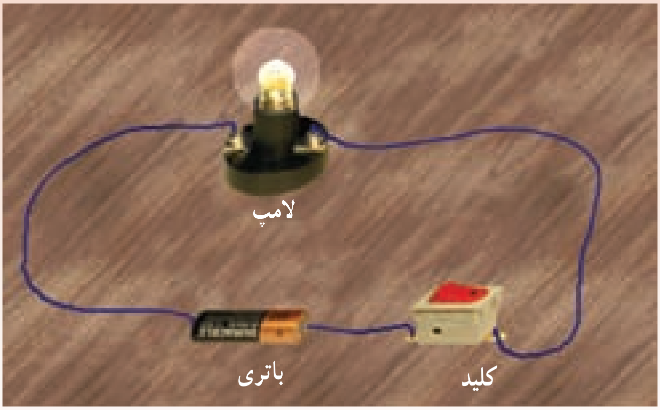
برای دستیابی به پاسخ این پرسش‌ها آزمایش زیر را انجام دهید.



آزمایش کنید ـ ۵

وسیله‌های آزمایش: یک لامپ ۱/۵ ولتی، یک باتری ۱/۵ ولتی، یک کلید قطع و وصل، مقداری سیم رابط.

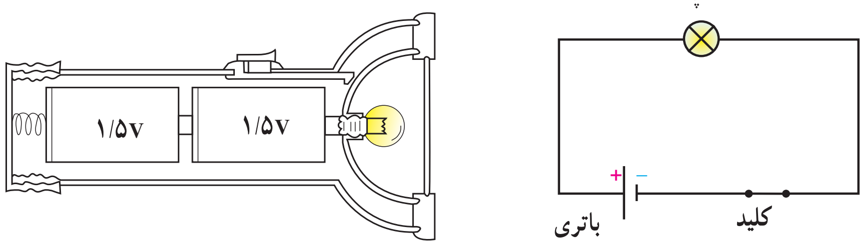
مطابق شکل (۳ــ۱۱) لامپ را به باتری وصل کنید. وقتی کلید را می‌بندید، چه اتفاقی می‌افتد که لامپ روشن می‌شود؟



شکل ۳ــ۱۱ــ مدار الکتریکی ساده

به آرایش شکل (۳ــ۱۱)، **مدار الکتریکی** گفته می‌شود. معمولاً در رسم شکل‌ها، باتری را مطابق شکل (۳ــ۱۲ــ الف) نشان می‌دهیم. قطعه خط کوچک‌تر، پایانه‌ی منفی و قطعه خط بزرگ‌تر، پایانه‌ی مثبت آن است. ساختمان داخلی چراغ‌قوه نیز مانند مدار ساده‌ی شکل (۳ــ۱۲ــالف) است.

یعنی از یک لامپ و یک کلید تشکیل شده است که هر دو در محفظه‌ی چراغ‌قوه قرار دارند شکل (۳ــ۱۲ ــ ب).



الف ــ مدار الکتریکی ساده

ب ــ ساختمان داخلی چراغ قوه

شکل ۳ــ۱۲

۳ــ۹ــ جریان الکتریکی

اگر آب یک لیوان را روی سطح شیب‌داری بریزیم، آب به علت اختلاف ارتفاع، از بالا به پایین جریان می‌یابد. به همین ترتیب اگر به دو سر یک رسانا اختلاف پتانسیلی اعمال کنیم، بارهای الکتریکی در مدار شارش می‌کنند. در این حالت اگر مقطعی فرضی در مدار را در نظر بگیریم، در مدت زمان (بازه‌ی زمانی) t از این مقطع بارالکتریکی q شارش می‌کند. بنابه تعریف «آهنگ شارش بار الکتریکی از هر مقطع مدار را جریان الکتریکی می‌نامیم» و آن را با نماد I نشان می‌دهیم.

$$I = \frac{q}{t} \quad (۳ــ۲)$$

یکای جریان الکتریکی به پاس اهمّیت کارهای **آندره ماری آمپر**، فیزیکدان فرانسوی، آمپر نامیده شده و با نماد A نمایش داده می‌شود. طبق قرارداد، جهت جریان الکتریکی در مدار از پایانه‌ی مثبت به پایانه‌ی منفی است. برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی از آمپرسنج استفاده می‌کنیم و آن را به‌طور متوالی در مدار قرار می‌دهیم.

مثال ۱

جریان الکتریکی در یک مدار ۱/۲A است. چند کولن بار الکتریکی در مدت نیم دقیقه از یک مقطع مدار شارش می‌کند؟

حل: می‌توان بار الکتریکی شارش شده را با استفاده از رابطه‌ی $I = \frac{q}{t}$ محاسبه کرد :

$$I = ۱/۲A \text{ ، } t = ۰/۵ \times ۶۰ = ۳۰s \text{ ، } q = ?$$

$$q = It$$

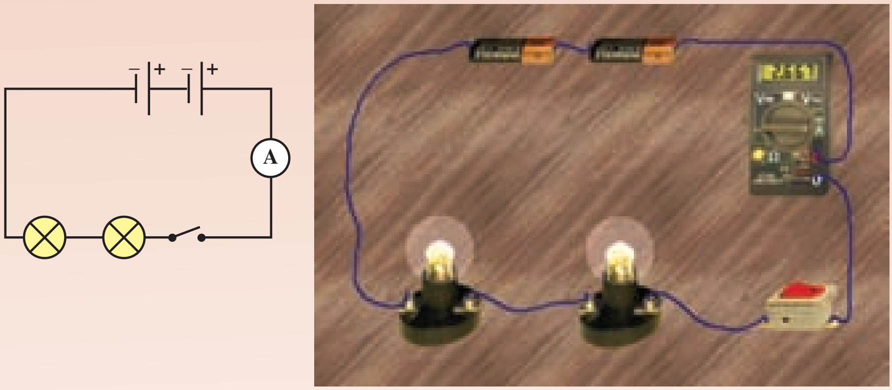
$$= ۱/۲ \times ۳۰ = ۳۶C$$

آزمایش کنید ـ ۶

وسیله‌های آزمایش: باتری ۱/۵ ولتی دو عدد، لامپ ۱/۵ ولتی دو عدد، آمپرسنج ۱ عدد، کلید قطع و وصل و تعدادی سیم رابط.

مداری را مطابق شکل (۳ـ۱۳ـ الف) ببندید. اکنون کلید را وصل و جریانی را که آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید.

محل آمپرسنج را مطابق شکل (۳ـ۱۳ـ ب) تغییر دهید و جریانی را که نشان می‌دهد یادداشت کنید.



شکل ۳ـ۱۳ـ الف



شکل ۳ـ۱۳ـ ب

۱ــ آیا آمپرسنج در هر دو مدار جریان یکسانی را نشان می‌دهد؟

۲ــ با توجه به پایستگی بار الکتریکی و تعریف جریان الکتریکی توضیح دهید که چرا عددی که آمپرسنج در یک مدار متوالی نشان می‌دهد به محل قرار گرفتن آمپرسنج در مدار بستگی ندارد.

۳ــ۱۰ــ مقاومت الکتریکی

پاسخ دهید ۵

آیا تاکنون به حرکت مردم در خیابان و یا بازار شلوغ توجه کرده‌اید؟

آیا برای خودتان موقعیتی پیش آمده است که برای انجام کاری عجله داشته باشید و برای انجام آن مجبور شوید از مکان پررفت و آمدی عبور کنید؟ در این‌گونه موارد با دیگرانی که در رفت و آمد هستند، برخورد می‌کنید که، درنتیجه از سرعت و انرژی شما کاسته می‌شود و احساس می‌کنید گرم شده‌اید. آیا به‌نظر شما تشابهی در شارش بارالکتریکی در یک رسانا و حرکت فرد در محل پررفت و آمد وجود دارد؟

در مقابل حرکت فرد در محل‌های پررفت و آمد نوعی مقاومت وجود دارد که سرعت و انرژی او را کاهش می‌دهد.

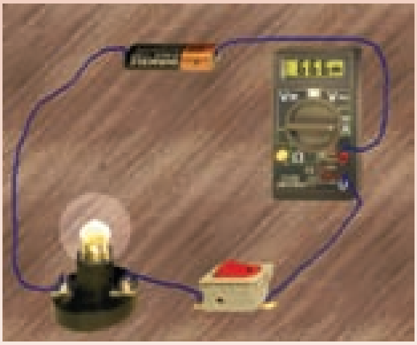
آزمایش کنید ــ ۷

وسیله‌های آزمایش: یک باتری ۱/۵ ولتی، ۲ لامپ ۱/۵ ولتی، آمپرسنج، کلید قطع و وصل و تعدادی سیم رابط.

باتری ۱/۵ ولتی ، لامپ ۱/۵ ولتی و آمپرسنج را مطابق شکل (۳ــ۱۴ــ الف) به‌هم ببندید.

کلید را وصل کنید و عددی را که آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید. سپس کلید را قطع کنید و هر دو لامپ ۱/۵ ولتی را مطابق شکل (۳ــ۱۴ــ ب) در مدار قرار

دهید و آنگاه دوباره کلید را وصل کنید. عددی را که اکنون آمپرسنج نشان می‌دهد یادداشت کنید.



شکل ۳ــ۱۴ــ الف



شکل ۳ــ۱۴ــ ب

اگر به تعداد کافی باتری و کلید در اختیار دارید دو آزمایش را همزمان انجام دهید تا بتوانید نور لامپ‌ها را با هم مقایسه کنید. علت تغییر نور لامپ‌ها در آزمایش دوم چیست؟

وقتی به دو سر رسانایی یک اختلاف پتانسیل اعمال می‌کنیم، بارهای الکتریکی با دریافت انرژی از مولد، در رسانا شارش می‌کنند. این بارهای الکتریکی در مسیر حرکت خود با اتم‌های رسانا که درحال نوسان‌اند، برخورد می‌کنند و بخشی از انرژی دریافتی را در این برخوردها از دست می‌دهند. این امر باعث گرم شدن رسانا می‌شود. حرکت بارهای الکتریکی در رسانا مشابه حرکت در یک خیابان و یا بازار شلوغ است. می‌گوییم **رسانا دارای مقاومت الکتریکی است،** و مقاومت الکتریکی را با نماد R نشان می‌دهیم. یکای مقاومت الکتریکی **اهم** و نماد آن «Ω» است* که به افتخار خدمات علمی **گئورگ زیمون اهم** نام‌گذاری شده است. اکنون که با اختلاف پتانسیل الکتریکی به‌عنوان عامل شارش بار، و مولد به‌عنوان عامل ایجاد کننده‌ی اختلاف پتانسیل و عبور جریان الکتریکی آشنا شده‌ایم، می‌توانیم ساز و کار روشن شدن لامپ را شرح دهیم.

هنگامی که پایانه‌های یک باتری را به دو سر یک رسانا (لامپ) وصل می‌کنیم، باتری بین دو سر

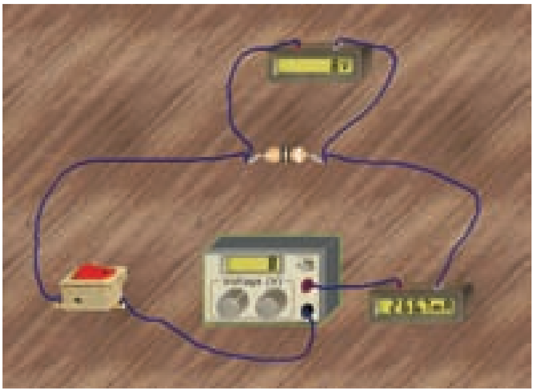
* امگا Ω یکی از حرف‌های الفبای یونانی است.

رسانا اختلاف پتانسیل ثابتی برقرار می‌کند. این اختلاف پتانسیل باعث شارش بارالکتریکی در مدار می‌شود. با شارش بارالکتریکی و ایجاد جریان الکتریکی در مدار، انرژی الکتریکی از باتری به لامپ می‌رسد و لامپ روشن می‌شود.

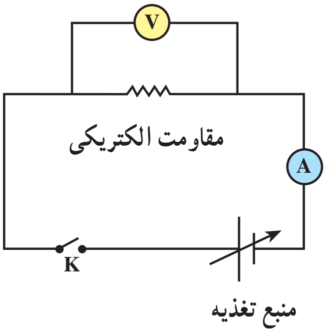
۳ـ۱۱ـ قانون اهم

تاکنون متوجه شده‌اید که اگر به دو سر یک رسانا، اختلاف پتانسیلی اعمال کنیم، در آن رسانا جریان الکتریکی برقرار می‌شود. از طرف دیگر، رسانا در مقابل جریان الکتریکی، از خود مقاومت نشان می‌دهد. اکنون می‌خواهیم رابطه‌ای میان کمیت‌های اختلاف پتانسیل، جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی به‌دست آوریم.

یک مقاومت الکتریکی را به آمپرسنج ، ولت‌سنج و منبع تغذیه (دستگاهی است که با آن می‌توان اختلاف پتانسیل‌های مختلفی را در دو سر مدار برقرار کرد) مطابق شکل (۳ـ۱۵) می‌بندیم. آمپرسنج به‌طور متوالی در مدار قرار گرفته و ولت‌سنج به‌طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است. پس از بسته شدن کلید، جریان الکتریکی از مدار می‌گذرد. ولت‌سنج که به‌طور موازی به دو سر مقاومت بسته شده است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را نشان می‌دهد و آمپرسنج شدت جریانی را که از مدار می‌گذرد مشخص می‌کند.



شکل ۳ـ۱۵ـ الف



شکل ۳ـ۱۵ـ ب

در یک آزمایش، اختلاف پتانسیل دو سر مدار را به کمک منبع تغذیه تغییر داده‌ایم و در هر نوبت، شدت جریانی که از مقاومت می‌گذرد و اختلاف پتانسیل دو سر آن را با آمپرسنج و ولت‌سنج اندازه گرفته‌ایم. نتیجه‌ی آزمایش را در جدول (۳ـ۱) وارد کرده‌ایم.

جدول ۳ــ۱

اختلاف پتانسیلی که ولت‌سنج نشان می‌دهد(V برحسب ولت)	۰/۸	۲/۲	۳/۵
شدت جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد (I بر حسب آمپر)	۰/۱۶	۰/۴۳	۰/۷۰
$\frac{V}{I}$	۵/۰	۵/۱	۵/۰

بررسی جدول (۳ــ۱) نشان می‌دهد که افزایش اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت باعث افزایش شدت‌جریان شده است، اما نسبت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت به شدت جریانی که از آن می‌گذرد (یعنی نسبت $\frac{V}{I}$) در تمام آزمایش‌ها با تقریب خوبی ثابت مانده است. این نسبت را مقاومت الکتریکی (R) می‌نامند.

اهم دانشمند آلمانی برای نخستین بار به این مسئله توجه کرد و نتیجه‌ی آزمایش‌های خود را به شرح زیر بیان نمود که به آن **قانون اهم** گفته می‌شود.

قانون اهم: نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به شدت جریانی که از آن می‌گذرد (در دمای ثابت) مقدار ثابتی است؛ این مقدار ثابت همان مقاومت الکتریکی رسانا است.

$$\frac{V}{I}=R \qquad (۳ــ۳)$$

اگر در رابطه‌ی (۳ــ۳)، اختلاف پتانسیل (V) برحسب ولت و شدت جریان (I) برحسب آمپر باشد، مقاومت الکتریکی (R) برحسب اهم خواهد بود.

مثال ۲

به دو سر یک لامپ، اختلاف پتانسیل ۲۲۰V وصل شده است. اگر شدت جریان در لامپ برابر ۰/۴۴A باشد، مقاومت الکتریکی لامپ چند اهم است؟

حل

$V=۲۲۰v$ و $I=۰/۴۴A$ و $R=?$

با استفاده از رابطه‌ی (۳ــ۳) نتیجه می‌گیریم که :

$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow R=\frac{۲۲۰}{۰/۴۴}=۵۰۰\Omega$$

مثال ۳

به دو سر یک رسانا به مقاومت الکتریکی ۲۵Ω اختلاف پتانسیل الکتریکی V را وصل می‌کنیم. شدت جریان در رسانا را درصورتی که الف : $V = ۵۰v$ و ب : $V = ۷۵v$ باشد، به‌دست آورید.

حل

$$\frac{V}{I} = R \Rightarrow I = \frac{V}{R}$$

الف : $I = \frac{۵۰}{۲۵} = ۲A$

ب : $I = \frac{۷۵}{۲۵} = ۳A$

۳ــ۱۲ــ مصرف انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی یکی از تمیزترین انرژی‌هاست و مصرف آن باعث آلودگی محیط‌زیست، که برای انسان بسیار مهم و حیاتی است، نمی‌شود. علاوه بر آن، انرژی الکتریکی را می‌توان به‌آسانی و با صرف هزینه‌ی کم، از محل تولید به محل مصرف منتقل کرد. به همین علت استفاده از آن به‌طور وسیع و چشم‌گیری مورد توجه قرار گرفته است. اگر در محل کار و زندگی به پیرامون خود نگاه کنید، تعداد زیادی وسیله‌های الکتریکی می‌بینید که زندگی بدون آن‌ها بسیار مشکل و حتی غیرممکن است.

انرژی الکتریکی را به‌آسانی می‌توان به انرژی‌های نورانی، مکانیکی، صوتی و سایر انرژی‌ها تبدیل کرد. این تبدیل در وسیله‌های الکتریکی که در منزل از آن‌ها استفاده می‌کنیم همواره انجام می‌شود. در بسیاری از این وسیله‌ها بخشی از انرژی الکتریکی به انرژی درونی یک جسم تبدیل و باعث بالا رفتن دمای آن می‌شود.

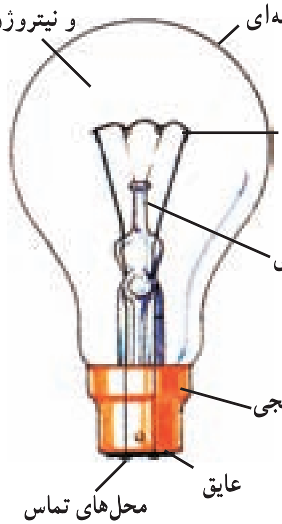
فعالیت ۷

فهرستی از وسیله‌های الکتریکی را که در منزل دارید مانند لامپ، اتو، پنکه، یخچال، تلویزیون و... در جدول زیر ثبت کنید و در هر مورد بنویسید که انرژی الکتریکی

به چه نوع انرژی تبدیل می‌شود.

انرژی / وسیله	نورانی	مکانیکی	صوتی	درونی
لامپ		+		
اتو				
پنکه				
یخچال				
تلویزیون				
......				

در لامپ‌های رشته‌ای، انرژی الکتریکی به انرژی درونی رشته‌ی داخل لامپ تبدیل می‌شود و دمای آن را تا حدود $3000^\circ C$ بالا می‌برد. در این دمای بالا، رشته‌ی درون لامپ قسمتی از انرژی درونی خود را به‌صورت انرژی نورانی تابش می‌کند شکل (۳ــ۱۶).



شکل ۳ــ۱۶

پاسخ دهید ۶

آیا می‌توانید با توجه به آنچه که در مورد مقاومت الکتریکی یک رسانا فرا گرفته‌اید توضیح دهید که چگونه شارش بار الکتریکی در یک رسانا باعث افزایش دمای رسانا می‌شود؟

هنگامی که یک سماور برقی را به برق وصل می‌کنید، جریان الکتریکی از رسانای درون آن می‌گذرد و با افزایش انرژی درونی رسانا، دمای سماور افزایش می‌یابد. اختلاف دمای سماور و آب درون آن باعث می‌شود که گرما از سماور به آب منتقل شود.

آزمایش نشان می‌دهد که انرژی الکتریکی مصرف شده (تبدیل شده) در یک رسانا به علت عبور جریان الکتریکی از آن به عامل‌های زیر بستگی دارد:

۱ــ مقاومت الکتریکی رسانا (R)؛ هرچه مقاومت الکتریکی رسانا بیش‌تر باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن نیز بیش‌تر می‌شود.

۲ــ زمان عبور جریان الکتریکی (t)؛ هرچه زمان عبور جریان الکتریکی از رسانا بیش‌تر باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن بیش‌تر می‌شود.

۳ــ مجذور شدت جریان الکتریکی (I^2)؛ اگر شدت جریان عبوری از رسانا را افزایش دهیم، انرژی الکتریکی مصرف شده در آن نیز بیش‌تر می‌شود، به‌طوری که اگر شدت جریان را ۲ یا ۳ یا... برابر کنیم، انرژی مصرف شده ۴ = ۲^۲ یا ۹ = ۳^۲ یا... برابر می‌شود.

اگر انرژی الکتریکی مصرف شده (که به انرژی درونی رسانا تبدیل شده است) را با نماد W نشان دهیم، داریم:

$$W = RI^2t \qquad (۳ـ۴)$$

در رابطه‌ی (۳ـ۴) مقاومت الکتریکی (R) برحسب اهم (Ω)، شدت جریان الکتریکی (I) برحسب آمپر (A)، زمان عبور جریان الکتریکی (t) برحسب ثانیه (s) و انرژی الکتریکی مصرف شده (W) برحسب ژول (J) است.

مثال ۴

مقاومت قسمت گرماده یک سماور برقی ۵۰ اهم است. وقتی آن را به برق وصل می‌کنیم شدت جریان ۴A از آن می‌گذرد. انرژی الکتریکی مصرف شده در آن را

الف: در مدت یک ثانیه

ب: در مدت ده دقیقه

حساب کنید.

حل

$R = ۵۰\Omega$ و $I = ۴A$ و $t_1 = ۱s$ و $t_2 = ۱۰min$

الف: با استفاده از رابطه‌ی (۳ـ۴) خواهیم داشت:

$$W = RI^۲t \Rightarrow W = ۵۰\times(۴)^۲\times ۱ \Rightarrow W = ۸۰۰J$$

ب :

$$t = ۱۰\times۶۰ = ۶۰۰s$$

$$W = ۵۰(۴)^۲\times۶۰۰ \Rightarrow W = ۴۸۰۰۰۰J = ۴۸۰kJ$$

۳ــ۱۳ــ توان الکتریکی مصرفی در رسانا

در بخش (۳ــ۶) اختلاف پتانسیل الکتریکی، یادآور شدیم که روی وسیله‌های الکتریکی نظیر لامپ روشنایی و یا اتوی برقی دو عدد نوشته شده است، یکی از این دو، اختلاف پتانسیل مناسب برای عمل دستگاه است. عدد دیگر مربوط به کمیتی به‌نام **توان الکتریکی** است که در ادامه درباره‌ی آن بحث می‌کنیم.

همانطور که در فصل اول دیدیم، آهنگ مصرف انرژی را در یک دستگاه الکتریکی توان‌مصرفی دستگاه می‌نامیم و آن را با نماد «P» نمایش می‌دهیم. بنابه این تعریف توان‌الکتریکی مصرفی یک رسانا برابر است با :

$$P = \frac{W}{t} \qquad (۳ــ۵)$$

و با توجه به رابطه‌ی (۳ــ۴)

$$P = \frac{RI^۲t}{t}$$

و در نتیجه :

$$P = RI^۲ \qquad (۳ــ۶)$$

بنابراین با معلوم بودن توان مصرفی می‌توانیم انرژی الکتریکی مصرفی را در هر بازه‌ی زمانی حساب کنیم.

با توجه به قانون اهم، رابطه‌ی (۳ــ۶) را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$P = RI\times I$$

$$P = VI \qquad (۳ــ۷)$$

در این رابطه، V اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر رسانا است. یکای توان مصرفی **ژول بر ثانیه** است که آن را به احترام **جیمز وات**، مخترع ماشین بخار، **وات** می‌نامند و با نماد **W** نشان می‌دهند.

در مبحث اختلاف پتانسیل گفته شد که روی هر دستگاه الکتریکی دو عدد نوشته شده است. یکی از این عددها برحسب ولت است که مناسب‌ترین اختلاف پتانسیلی است که می‌توان به دستگاه وصل کرد. عدد دوم برحسب وات است که توان اسمی آن دستگاه است. توان مصرفی یک دستگاه

در صورتی برابر توان اسمی آن است که دستگاه به اختلاف پتانسیل اسمی آن، یعنی مناسب‌ترین اختلاف پتانسیل برای دستگاه، وصل باشد. اگر دستگاه به اختلاف پتانسیلی کم‌تر و یا به اختلاف پتانسیل بیش‌تری وصل شود، دستگاه ممکن است آسیب ببیند.

نکته‌ی دیگری که باید به آن توجه کرد، شدت جریانی است که از دستگاه می‌گذرد. شدت جریان از مشخصات دستگاه نیست و به اختلاف پتانسیلی بستگی دارد که به دو سر دستگاه وصل می‌شود. البته از یک دستگاه نمی‌توان هر شدت جریانی را عبور داد، زیرا اگر شدت جریان خیلی زیاد باشد، توان مصرفی و در نتیجه دمای دستگاه بالا می‌رود و دستگاه آسیب می‌بیند.

فعالیت ۸

در منزل شما دستگاه‌های الکتریکی زیادی نظیر لامپ‌های روشنایی، اتو، پنکه، کولر، یخچال، فریزر، پلوپز برقی و... وجود دارد که روزانه از آن‌ها استفاده می‌شود. با احتیاط و زیر نظر یکی از والدین خود به مشخصات هر یک از این دستگاه‌ها که روی آن‌ها نوشته شده است نگاه کنید. عددهایی را که روی آن‌ها نوشته شده است یادداشت و با یک‌دیگر مقایسه کنید. نتیجه‌ی مشاهدات خود را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

فعالیت ۹

برای محاسبه‌ی توان، کدام‌یک از رابطه‌های (۳ـ۶) و (۳ـ۷) را به‌کار بریم؟ آیا می‌توانید رابطه‌ی دیگری برای توان الکتریکی بنویسید؟

۳ـ۱۴ـ بهای انرژی الکتریکی مصرفی

در تمام مکان‌های مسکونی و تجاری، شمارگری (کنتور) نصب شده است که انرژی الکتریکی مصرفی را به کمک آن تعیین می‌کنند. اگر توان مصرفی یک دستگاه برابر P باشد، انرژی مصرفی آن دستگاه در مدت زمان t برابر است با :

$$W=Pt \qquad (۳ـ۸)$$

اگر در این رابطه P را برحسب وات و t را برحسب ثانیه قرار دهیم، انرژی مصرفی برحسب

ژول خواهد بود. ولی اگر P را برحسب کیلووات و t را برحسب ساعت قرار دهیم، انرژی الکتریکی مصرفی برحسب کیلووات ساعت (kWh) خواهد شد. شمارگرها، انرژی الکتریکی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت مشخص می‌کنند.

$$1kWh = 1\times(1000W)\times(3600s) = 3/6\times10^{6} W.s = 3/6\times10^{6} J$$

مثال ۵

روی یک لامپ عددهای ۱۰۰W و ۲۲۰V نوشته شده است.

الف : اگر اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت به دو سر این لامپ اعمال شود، شدت جریان عبوری از آن چند آمپر می‌شود؟

ب : اگر این لامپ در هر شبانه‌روز ۸ ساعت (با اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت) روشن باشد، بهای برق مصرفی آن در یک ماه چقدر می‌شود؟ بهای هر کیلووات ساعت انرژی مصرفی را ۱۰۰ ریال فرض کنید.

حل

الف : $P = VI \Rightarrow I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{100}{220} \Rightarrow I = 0/45A$

ب : $W = P.t \Rightarrow W = \frac{100}{1000}\times 8$

انرژی مصرفی لامپ در یک شبانه‌روز $W = 0/8kWh$

بهای برق مصرفی لامپ در یک ماه ریال $0/8\times30\times100 = 2400$

فعالیت ۱۰

۱ــ مصرف یک ماهه‌ی برق خانه‌ای را که در آن زندگی می‌کنید (با درنظر گرفتن لامپ‌ها، تلویزیون، یخچال، رادیو و...) به‌طور تقریبی حساب کنید و نتیجه را با عددی که کنتور برق نشان می‌دهد مقایسه کنید. اگر اختلافی وجود دارد علت آن را پیدا کنید.

۲ــ بهای برق مصرفی منزل خود را به‌طور متوسط محاسبه کنید. فرض کنید بهای هر کیلووات ساعت انرژی مصرفی ۱۰۰ ریال است.

فعالیت۱۱

با اعضای گروه خود یک قبض مصرف برق خانگی را مورد مشاهده قرار دهید.

۱ــ اطلاعات موجود در آن را ذکرکنید.

۲ــ بهای برق مصرفی هر کیلووات ساعت چند ریال محاسبه شده است؟

صرفه‌جویی در انرژی مصرفی: در فصل اول در مورد مصرف انرژی و تبدیل آن به انرژی درونی صحبت کردیم و دیدیم که مصرف انرژی توسط بشر به‌تدریج انرژی‌ها را به نوعی که قابل استفاده‌ی مجدد و بازیافت نیستند، تبدیل می‌کند. از این‌رو در مصرف انرژی باید نهایت دقت را به‌عمل آورد و از مصرف بی‌رویه‌ی آن جداً خودداری کرد و با درست و به‌جا مصرف کردن آن در حفظ منابع خدادادی کوشید.

بسیاری از وسیله‌های مورد استفاده در منزل برقی هستند. با استفاده‌ی بهینه از آن‌ها می‌توان در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. صرفه‌جویی در انرژی به معنای درست و به‌جا مصرف کردن است. برای مثال، اگر درِ یخچال و یخساز منزل مرتباً باز و بسته شود و یا زمان زیادی باز بماند، موتور آن‌ها مدت طولانی‌تری روشن می‌ماند و ضمن آنکه از عمر آن‌ها کاسته می‌شود، مصرف انرژی الکتریکی نیز در آن‌ها بیش‌تر می‌شود. یا اگر در زمان‌هایی‌که به نور چراغ احتیاج نیست، لامپ‌ها را خاموش کنیم، عملاً در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرده‌ایم. روشنایی اتاق در زمان تماشای تلویزیون و یا زمان مطالعه نباید یکسان باشد. در هنگام مطالعه، روشنایی اتاق باید بیش‌تر از هنگام تماشای تلویزیون باشد. بنابراین هنگام مطالعه باید لامپ بیش‌تری (یا لامپ با توان بیش‌تر) روشن باشد و هنگام تماشای تلویزیون باید لامپ‌های اضافی را خاموش کرد.

اگر هنگام ورود به اتاق و ساختمان و یا خروج از آن‌ها درها را ببندیم، در زمستان از خروج هوایی که با مصرف انرژی آن را گرم کرده‌ایم و در تابستان از خروج هوایی‌که آن را خنک کرده‌ایم جلوگیری می‌کنیم. به این ترتیب به صرفه‌جویی در انرژی و تمیز نگاهداشتن هوا و محیط‌زیست خود کمک شایان توجهی کرده‌ایم.

نکته‌ی دیگری که در مصرف انرژی الکتریکی باید به آن توجه کرد، زمان استفاده از وسیله‌های الکتریکی است. در ساعت‌هایی از شبانه‌روز، مانند غروب آفتاب و اوایل شب، مصرف انرژی الکتریکی در منزل‌ها و محل‌های کار بسیار زیاد است. در این ساعت‌ها از وسایل الکتریکی با توان بالا که مصرف انرژی آن‌ها زیاد است (شبیه ماشین لباس‌شویی، کولر، اتوی برقی و...) نباید استفاده کرد. زیرا این‌کار باعث کاهش شدید اختلاف پتانسیل برق شهر می‌شود و در نتیجه به دستگاه‌های الکتریکی آسیب وارد می‌شود. شما هم فکر کنید و راه‌هایی برای استفاده‌ی بهینه از انرژی الکتریکی پیدا و پیشنهاد کنید.

تمرین‌های فصل سوم

۱ــ میله‌ی نارسانایی با بار منفی و کره‌ای رسانا و بدون بار روی پایه‌ی نارسانا در اختیار دارید. با رسم شکل توضیح دهید چگونه می‌توان کره را :

الف : دارای بار مثبت کرد؟ ب : دارای بار منفی کرد؟

۲ــ دو جسم بدون بار را چگونه می‌توان باردار کرد؟ آیا در این روش لازم است به جنس اجسام توجه شود؟

۳ــ آزمایش زیر را انجام دهید :

۳ــ۱ــ شیر آب سرد را کمی باز کنید تا باریکه‌ای از آب تشکیل شود.

۳ــ۲ــ با یک شانه پلاستیکی چند بار سر خود را شانه بزنید.

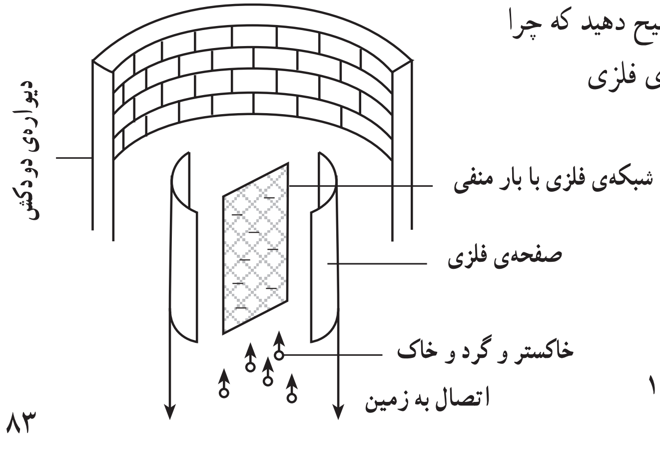
۳ــ۳ــ شانه را به باریکه‌ی آب نزدیک کنید. آیا مسیر آب منحرف می‌شود؟ علت را بنویسید.

۴ــ در کدام‌یک از وسیله‌های منزل لازم است بار الکتریکی ایجاد شده را کاهش دهیم (و یا کنترل کنیم)؟

۵ــ سوختن زغال‌سنگ در نیروگاه‌ها مقدار زیادی خاکستر، گرد و خاک و گازهای زائد تولید می‌کند. همه‌ی این فراورده‌ها موجب مشکل‌های زیست‌محیطی می‌شوند. در یک دودکش رسوب‌دهنده‌ی الکتریکی، خاکستر و گرد و خاک از گازهای زائد حذف می‌شوند (شکل ۳ــ۱۷). رسوب‌دهنده شامل شبکه‌ای فلزی است که توسط دو صفحه‌ی فلزی متصل به زمین محصور شده است. به شبکه‌ی فلزی بار منفی بزرگی داده می‌شود. خاکستر و ذره‌های دود با گذشتن از سیم‌های شبکه بار منفی پیدا می‌کنند. آن‌ها به‌طرف صفحه‌های فلزی حرکت می‌کنند و در آن‌جا بار منفی خود را از دست می‌دهند.

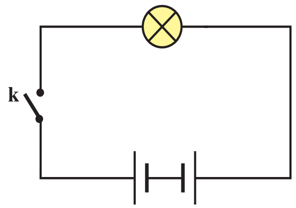
الف ــ دو مشکل زیست‌محیطی را که پیامد سوختن زغال‌سنگ است نام ببرید.

ب ــ به‌طور واضح توضیح دهید که چرا ذره‌های دود به طرف صفحه‌های فلزی حرکت می‌کنند.



شکل ۳ــ۱۷

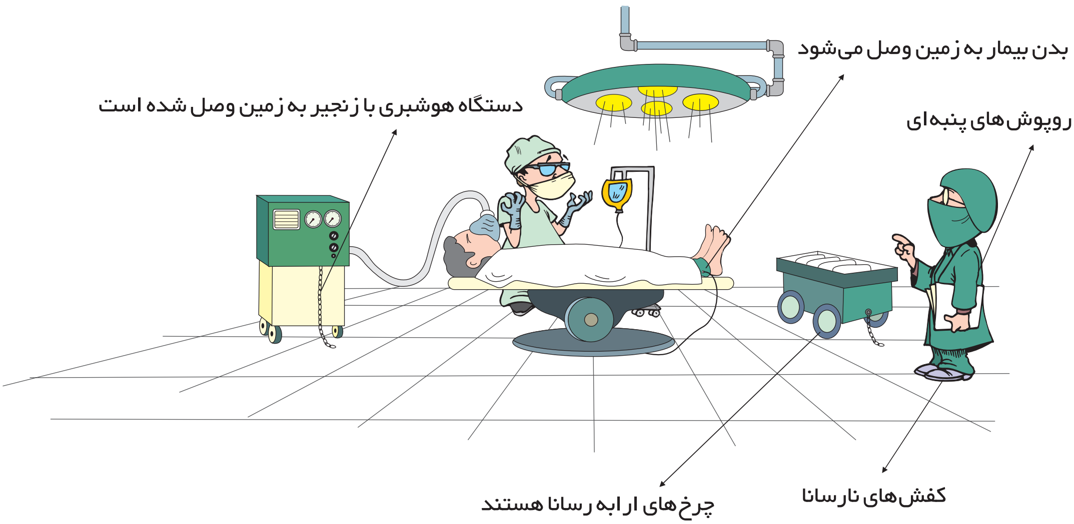
پ ــ بارهای منفی که توسط ذره‌های خاکستر و دود به صفحه‌های فلزی داده می‌شوند، کجا می‌روند؟



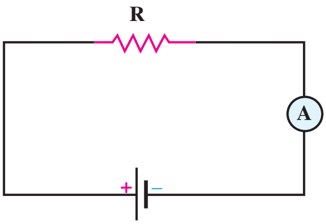
شکل ۳ــ ۱۸

۶ــ در مدار شکل ۳ــ ۱۸ باتری‌ها مشابه و قطب‌های همنام آن به یک‌دیگر وصل شده‌اند. توضیح دهید با بستن کلید k چه اتفاقی می‌افتد.

۷ــ با توجه به شکل (۳ــ۱۹) چند مورد از مشاهده‌های خود که با الکتریسیته‌ی ساکن ارتباط دارد را بنویسید.



شکل ۳ــ۱۹



شکل ۳ــ ۲۰

۸ــ در مدار شکل (۳ــ ۲۰) به‌تدریج دمای مقاومت (R) را بالا می‌بریم. در این صورت :

الف ــ مقاومت، افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد یا تغییر نمی‌کند؟

ب ــ جریان در مدار، افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد یا تغییر نمی‌کند؟ پاسخ خود را در هر مورد با دلیل بنویسید.

۹ــ الف ــ کدام‌یک از توان‌های ۶۰W، ۲۵۰W، ۸۵۰W، ۲kW و ۳/۵kW برای وسیله‌های زیر مناسب است :

۱ــ کتری برقی.

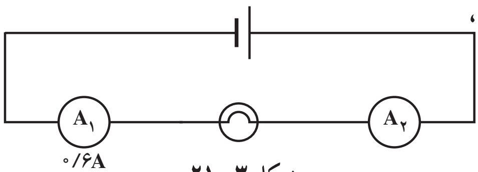
۲ــ لامپ چراغ مطالعه.

۳ــ اتوی برقی.

برای بررسی درستی پاسخ خود می‌توانید مشخصات درج شده بر روی این وسیله‌ها را ببینید.

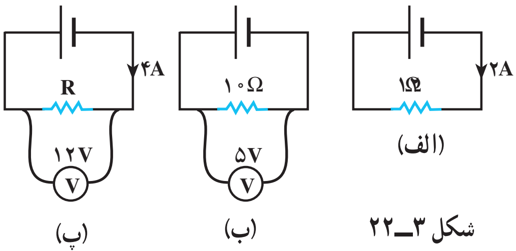
ب ــ جریان عبوری در یک دستگاه ۹۲۰ واتی با اختلاف پتانسیل ۲۳۰ ولت چند آمپر است؟

۱۰ــ در مدار شکل (۳ــ۲۱) آمپرسنج A_1، مقدار ۰/۶A را نشان می‌دهد. آمپرسنج A_2، چه جریانی را نشان می‌دهد؟



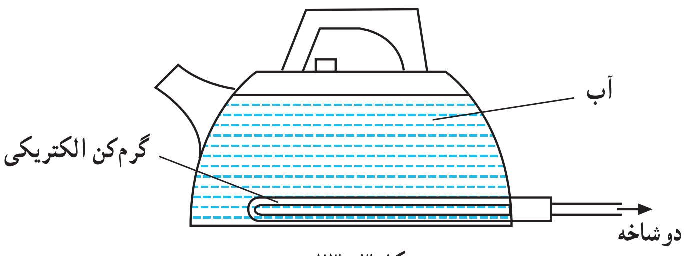
شکل ۳ــ۲۱

۱۱ــ در مدارهای شکل (۳ــ۲۲) توان مصرفی در هر مقاومت چه مقدار است؟



شکل ۳ــ۲۲

۱۲ــ در شکل(۳ــ۲۳) یک کتری برقی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳ــ۲۳

الف ــ فرایندهایی را که توسط آن‌ها همه‌ی آب کتری گرم می‌شود نام ببرید و توضیح دهید.

ب ــ توان قسمت گرم‌کن الکتریکی این کتری ۲۸۰۰W است. اگر کتری محتوی ۲kg آب ۶°C باشد :

۱ــ انرژی الکتریکی لازم برای این که دمای آب به ۱۰۰°C برسد چقدر است؟

۲ــ زمان لازم را برای این که دمای آب به $100^{\circ}C$ برسد حساب کنید.

پ ــ توضیح دهید چرا در عمل به زمانی بیش‌تر از آن‌چه در قسمت ب محاسبه کردید نیازمندید.

۱۳ــ الف ــ مصرف ماهانه‌ی انرژی رادیو، تلویزیون و یکی از لامپ‌های خانه‌ی خود را حساب کنید.

(فرض کنید که هرکدام روزی ۸ ساعت با اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت روشن باشد.)

ب ــ بهای برق مصرفی هریک از وسیله‌های بالا از قرار هر کیلووات ساعت ۱۰۰ ریال چقدر می‌شود؟

پ ــ اگر در شهر شما هر خانه یک لامپ ۱۰۰ وات اضافی را به مدت ۳ ساعت در شب روشن کند، در طول یک ماه چند کیلووات ساعت انرژی اضافی مصرف می شود؟ بهای آن چند ریال می‌شود؟ اگر این مبلغ صرفه‌جویی شود با آن چه کارهای مفیدی می‌توان برای شهروندان انجام داد؟

۱۴ــ روی یک آسیاب برقی دو عدد $800W$ و $220V$ نوشته شده است. این آسیاب برقی را به اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت وصل می‌کنیم. حساب کنید:

۱ــ جریانی که از آن می‌گذرد.

۲ــ انرژی الکتریکی مصرفی ماهانه‌ی این دستگاه، درصورتی که هفته‌ای دو بار و هر بار به مدت ۲۰ دقیقه مورد استفاده قرار گیرد.

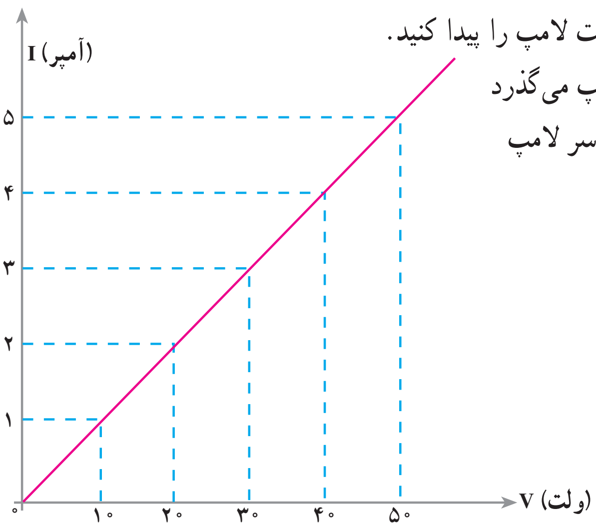
۱۵ــ تفسیر کنید:

۱ــ نمودار شکل (۳ــ۲۴) مربوط به لامپی است که در یک مدار قرار دارد.

الف ــ چه رابطه‌ای بین جریان الکتریکی و اختلاف پتانسیل می‌توانید پیدا کنید؟

ب ــ به کمک نمودار، مقاومت لامپ را پیدا کنید.

پ ــ هرگاه جریانی که از لامپ می‌گذرد ۲/۵آمپر باشد، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ چند ولت می‌شود؟



شکل ۳ــ۲۴

۴

نور ــ بازتاب نور



تصویر یک جسم را در آینه چگونه می‌بینیم؟

آیا تاکنون جهان را بدون نور تصوّر کرده‌اید؟ با تصور چنین جهانی، به اهمیت شناخت نور و مطالعه درباره‌ی آن پی می‌برید. در واقع بیشترین دانسته‌های مربوط به جهان به کمک نور و از راه دیدن به دست آمده است. اطلاعات قابل توجهی از منظومه‌ی خورشیدی و کهکشان‌ها و بخشی از آنچه که از ساختار درونی اتم می‌دانیم، از نوری که از آن‌ها دریافت می‌کنیم به‌دست آمده است. دریچه‌ای از عظمت عالم خلقت و نظام قانونمند آن به کمک نور به روی بشر گشوده شده است. علاوه بر این، در زندگی روزانه هم بسیاری از اطلاعات از دنیای پیرامون‌مان به‌وسیله‌ی نور و مشاهده باچشم به‌دست می‌آید. ثابت شده است که بخش قابل توجهی از آموخته‌های ما از راه بینایی است.

آنچه با دیدن کند ادراک آن سال‌ها نتوان نمودن با بیان

مولوی

۴ــ۱ــ انتشار نور

هنگام طلوع خورشید، بخشی از سطح زمین را که به طرف خورشید است، روشنایی فرامی‌گیرد. شب هنگام، چراغ روشنی را که در فاصله‌ی دوری از ما قرار دارد می‌بینیم. رسیدن نور خورشید به زمین و رسیدن نور چراغ روشن به چشم و دیده شدن آن از فاصله‌ی دور به سبب **انتشار نور** آن‌ها است. محیطی که نور از آن عبور می‌کند، محیط شفاف نامیده می‌شود.

پاسخ دهید !

۱ــ چرا از بیرون یک جعبه‌ی فلزی یا تخته‌ای، اشیای درون آن دیده نمی‌شود، اما درون یک ظرف شیشه‌ای از بیرون دیده می‌شود؟

۲ــ چند ماده‌ی شفاف و چند ماده‌ی غیرشفاف را که می‌شناسید نام ببرید.

چشمه‌ی نور گسترده و نقطه‌ای: یک شئ نورانی نظیر خورشید، چراغ روشن، شعله‌ی شمع و ... را چشمه‌ی نور گسترده می‌نامیم. اگر صفحه‌ای از مقوّا را که روی آن روزنه‌ی کوچکی ایجاد شده است در مقابل چراغ روشنی قرار دهیم، نور چراغ پس از گذشتن از روزنه منتشر می‌شود و روزنه مانند یک چشمه‌ی نور کوچک عمل می‌کند که آن‌را **چشمه‌ی نور نقطه‌ای** می‌نامیم. ستاره‌هایی که در فاصله‌ی بسیار دور قرار دارند، به‌صورت نقطه‌ی نورانی دیده می‌شوند یا چراغ روشنی که در فاصله‌ی دوری از ما قرار گرفته است نیز نمونه‌هایی از چشمه‌های نور نقطه‌ای هستند.

۴ــ۲ــ باریکه‌ی نور

برای بررسی رفتار نور به هنگام انتشار ابتدا باید با **باریکه‌ی نور** و **پرتو نور** آشنا شویم.

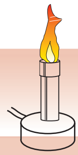
در شکل (۴ــ۱) مسیر نور را روی زمین، هنگام عبور از شکاف میان در و دیوار مشاهده می‌کنید.

مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین، یک **باریکه‌ی نور** را نشان می‌دهد. باریکه‌ی نور با پهنای بسیار کم را **پرتو نور** می‌نامیم. در واقع می‌توان گفت هر باریکه‌ی نور، شامل دسته‌ای از پرتوهای نور است.



شکل ۴ــ۱ــ مسیر نوری که از شکاف گذشته است، روی زمین باریکه‌ی نور تشکیل داده است.

با مشاهده‌ی باریکه‌ی نور می‌توانیم مسیر انتشار نور را تشخیص دهیم.



آزمایش کنید ــ ۱

وسیله‌های آزمایش: چراغ قوّه، یک تکّه مقوای نسبتاً ضخیم، پرگار، قیچی، تیغ و نوار چسب.

۱ــ از مقوّا دایره‌ای به اندازه‌ی سطح شیشه‌ی چراغ قوّه ببرید.

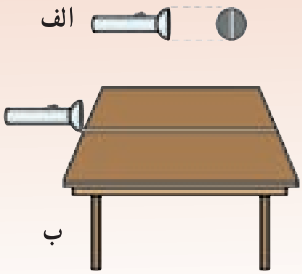
۲ــ شکافی به عرض یک تا دو میلی‌متر، مطابق شکل (۴ــ۲ــ الف) بر روی مقوا ایجاد کنید.

۳ــ مقوا را بر دهانه‌ی چراغ قوّه طوری نصب کنید که آن را به‌طور کامل بپوشاند و از اطراف دهانه، نور بیرون نیاید.

۴ــ در مکانی که خیلی روشن نباشد، چراغ قوّه را مطابق شکل (۴ــ۲ــ ب) در لبه‌ی میز، نگهدارید.

۵ــ چراغ قوّه را روشن کنید، باریکه‌ی نور را بر سطح میز خواهید دید.

الف



ب

شکل ۴ــ۲

۴ــ۳ــ انتشار نور به خط راست

همان‌طور که قبلاً در درس علوم تجربی دیده‌اید و آزمایش هم نشان می‌دهد، نور در یک محیط شفاف به خط راست منتشر می‌شود.

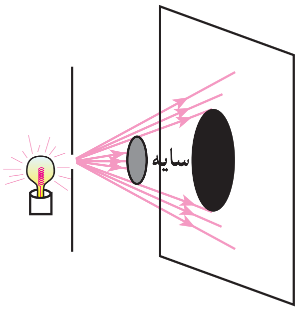
فعالیت ۱

۱ــ برای نشان دادن انتشار نور به خط راست آزمایشی را طراحی و اجرا کنید.

۲ــ گزارشی از کار خود را به کلاس ارائه دهید.

با توجه به اینکه نور به خط راست منتشر می‌شود، هر پرتو نور را با یک خط راست و پیکانی بر روی آن، که جهت انتشار نور را مشخص می‌کند، نشان می‌دهیم.

سایه و نیم‌سایه: سایه‌ی اشیا و یا سایه‌ی خودتان را بارها روی زمین یا روی دیوار دیده‌اید. سایه از قرار گرفتن یک جسم کدر (غیرشفاف) در مقابل روشنایی (یا یک چشمه‌ی نور) تشکیل می‌شود. آیا توجه کرده‌اید سایه در کدام طرف تشکیل شده است؟



شکل ۴ــ۳ــ انتشار نور از چشمه‌ی نقطه‌ای به خط راست و وجود جسم کدر در مسیر نور، سبب تشکیل سایه در طرف دیگر جسم کدر شده است.

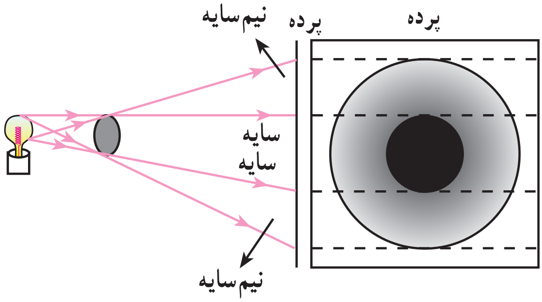
پاسخ دهید ۲

با توجه به شکل (۴ــ۳) توضیح دهید :

۱ــ سایه چگونه تشکیل شده است؟

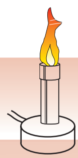
۲ــ اگر نور به خط راست منتشر نمی‌شد چه اتفاقی می‌افتاد؟

هرگاه روزنه را از مقابل چراغ برداریم، مرز سایه کاملاً مشخص نخواهد بود. در این وضع در اطراف سایه، ناحیه‌ای نیمه روشن ایجاد می‌شود که به آن **نیم‌سایه** می‌گوییم. شکل (۴ــ۴) چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه را به وسیله‌ی یک چشمه‌ی نور گسترده نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۴ــ چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه

در شکل (۴ــ۴) فقط از تعداد محدودی از پرتوهای بیشماری که توسط لامپ گسیل می‌شود، برای نشان دادن چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه استفاده شده است.



آزمایش کنید ــ ۲

وسیله‌های آزمایش: شمع، کبریت، یک تکه مقوای ضخیم.

۱ــ با یک چشمه‌ی نور نقطه‌ای، سایه‌ی مقوا را بر روی دیوار یا پرده‌ای تشکیل دهید.

۲ــ چشمه‌ی نور را قدری به مقوا نزدیک و بار دیگر قدری از آن دور کنید.

۳ــ مقوا را به دیوار نزدیک یا قدری از آن دور کنید.

۴ــ تغییری را که در اندازه‌ی سایه مشاهده می‌کنید بنویسید.

آیا می‌توانید رابطه‌ای بین قطر مقوا و قطر سایه پیدا کنید. رابطه‌ای را که به‌دست آورده‌اید با کمک معلم خود تصحیح و تکمیل کنید.

فعالیت ۲

الف ــ خورشیدگرفتگی (کسوف) زمانی رخ می‌دهد که ماه بین زمین و خورشید قرار گیرد، در این صورت سایه‌ی ماه روی زمین می‌افتد و ناحیه‌ای از زمین که در سایه‌ی ماه قرار می‌گیرد تاریک می‌شود. این پدیده را با رسم یک شکل ساده نشان دهید.



خورشید گرفتگی



ماه گرفتگی

ب ــ با توجه به توضیحی که در مورد خورشیدگرفتگی (کسوف) داده شد، توضیح دهید که ماه‌گرفتگی (خسوف) در چه صورت رخ می‌دهد؟ این پدیده را با رسم یک شکل ساده نشان دهید.



آزمایش کنید ـ ۳

وسیله‌های آزمایش: کبریت و دو عدد شمع.

۱ــ دست خود را مقابل یک شمع روشن نگهدارید به‌طوری که سایه‌ی دستتان روی دیوار تشکیل شود.

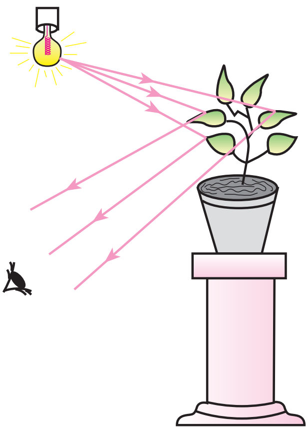
۲ــ همین آزمایش را با دو شمع روشن انجام دهید.

۳ــ با مشاهده و مقایسه‌ی سایه‌ی دست در دو حالت نتیجه را بنویسید.

۴ــ۴ــ بازتاب نور

می‌دانیم که کره‌ی ماه از خود نوری ندارد، پس چرا شب‌ها سطح آن روشن است؟ اگر در یک شب تاریک به اتاقی وارد شوید که هیچ نوری به درون آن نمی‌تابد، آیا اشیای درون اتاق را می‌بینید؟ اگر چراغی در اتاق روشن کنید چه‌طور؟

دیده‌شدن اشیای درون اتاق، هنگامی که چراغ روشن می‌شود، به سبب انتشار نور در اتاق و بازگشت نور از سطح اشیا و رسیدن آن به چشم است. در شکل (۴ــ۵) بازگشت نور از روی اشیا نشان داده شده است. روشن دیده شدن ماه نیز مانند روشن دیده شدن اشیای درون اتاق زیر نور چراغ است. تابش نور خورشید بر سطح ماه و بازگشت نور از سطح آن سبب روشن دیده شدن ماه می‌شود.



شکل ۴ــ۵ــ دیده‌شدن اشیا به سبب نوری است که پس از بازتاب از آن‌ها به چشم می‌رسد.

پاسخ دهید ۳

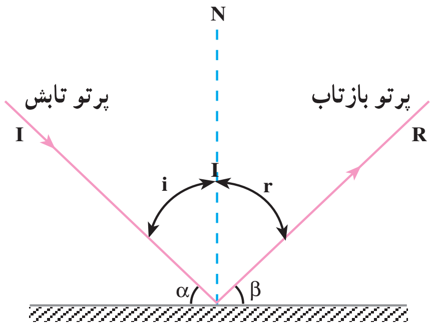
۱ــ در طول روز که آفتاب به درون اتاق نمی‌تابد چگونه اشیای درون اتاق دیده می‌شوند؟

۲ــ برای دیدن اشیا چه شرایطی لازم است؟

بازگشت نور از سطح اجسام را **بازتاب نور** می‌نامیم. سطح‌های صیقلی نظیر ورقه‌های تمیز نیکلی یا نقره‌اندود، یا شیشه‌هایی که یک طرف آن‌ها جیوه‌اندود شده است، نظیر آینه‌ها، پدیده‌ی بازتاب را به‌خوبی نشان می‌دهند. بازتاب از این سطح‌ها را بازتاب آینه‌ای می‌نامند.

پرتو نوری که به سطح جسم می‌تابد **پرتو تابش** و پرتو بازگشته از سطح را **پرتو بازتاب** می‌نامند. نقطه‌ای را که نور به آن می‌تابد نقطه‌ی تابش، زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط عمود بر سطح در نقطه‌ی برخورد نور را **زاویه‌ی تابش** (i) و زاویه‌ی بین خط عمود و پرتو بازتاب را **زاویه‌ی بازتاب** (r) می‌نامیم. در شکل (۴ـ۶) پرتوهای تابش و بازتاب، خط عمود بر سطح و زاویه‌های تابش و بازتاب نشان داده شده است. توجه کنید که زاویه‌ی تابش، متمم زاویه‌ی بین پرتو تابش و سطح آینه است و با توجه به شکل، داریم:

$$i+\alpha=90^\circ$$

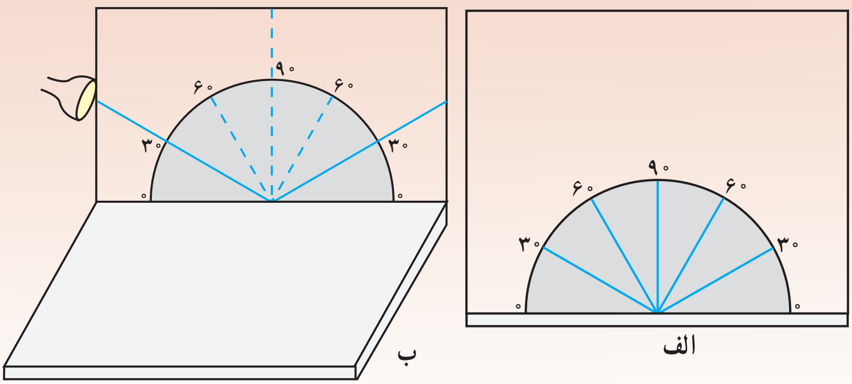


شکل ۴ـ۶ـ بازتاب نور از سطح یک آینه

آزمایش کنید ـ ۴

وسیله‌های آزمایش: مقوای ضخیم، نقاله، آینه‌ی کوچک و چراغ قوه.

۱ـ روی یک ورقه‌ی مقوایی نسبتاً ضخیم و کاملاً صاف و تخت مطابق شکل (۴ـ۷ ـ الف) نقاله‌ای رسم کنید، پس از آن آینه‌ای را روی یک میز قرار دهید. مقوا را مطابق شکل (۴ـ۷ ـ ب) عمود بر سطح آینه و بر لبه‌ی آینه نصب کنید.



شکل ۴ـ۷

۲ــ با یک چراغ قوه و یا یک لیزر مدادی، باریکه‌ی نور را به روشی که پیش‌تر شرح داده شد با زاویه‌ی تابش معلومی به آینه بتابانید به‌طوری که پرتو بازتابش بر سطح مقوا دیده شود. در این وضعیت، اندازه‌ی زاویه‌ی بازتاب را که روی نقاله مشخص است، با زاویه‌ی تابش مقایسه کنید.

۳ــ آیا این دو زاویه با هم برابرند؟

۴ــ آزمایش را برای زاویه‌هایی که در شکل الف مشخص شده است انجام دهید.

اگر آزمایش را به‌دقت انجام داده باشید، به این نتیجه رسیده‌اید که همواره زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

اگر چراغ را طوری قرار دهید که پرتو تابش در صفحه‌ی نقاله نباشد پرتو بازتاب نیز در آن صفحه نخواهد بود.

قانون‌های بازتاب: با انجام آزمایش بالا، نتیجه‌های زیر به‌دست می‌آید، که قانون‌های بازتاب نامیده می‌شوند.

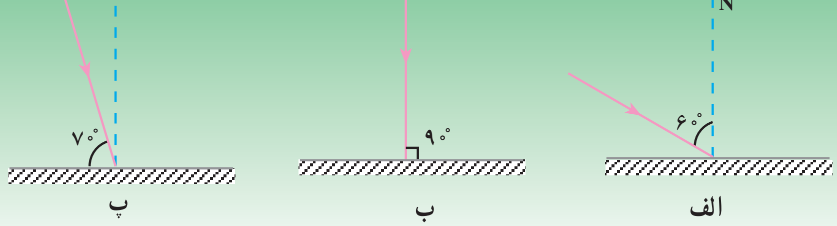
الف ــ پرتو تابش، پرتو بازتاب و خط عمود بر سطح آینه در نقطه‌ی تابش، هر سه در یک صفحه‌اند.

ب ــ زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

$$i = r \qquad (۴ــ۱)$$

فعالیت ۳

۱ــ در شکل‌های (۴ــ ۸ ــ الف، ب، پ) با مشخص کردن اندازه‌ی زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب، پرتو بازتاب مربوط به هر یک از سطح‌های صیقلی را رسم کنید.



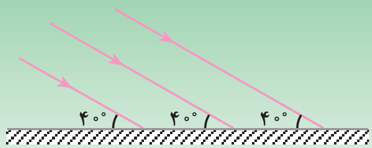
شکل ۴ــ ۸

فعالیت ۴

۱ــ در شکل (۴ــ۹) زاویه‌ی تابش هر پرتو را تعیین کنید.

۲ــ پرتوهای تابش نسبت به هم چگونه‌اند؟ چرا؟

۳ــ پرتوهای بازتاب را رسم کنید و توضیح دهید این پرتوها نسبت به هم چگونه‌اند؟ چرا؟



شکل ۴ــ ۹

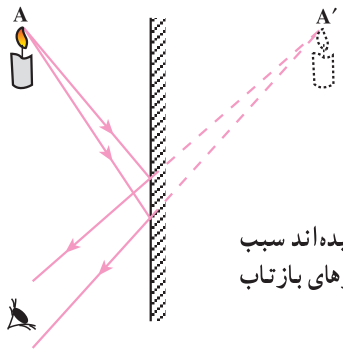
۴ــ۵ــ تصویر در آینه‌های تخت

آیا تاکنون تصویر درختان یا منظره‌های اطراف یک استخر آب یا برکه را در آب مشاهده کرده‌اید؟



آینه‌های معمولی را که سطح آن‌ها مسطح است آینه‌ی تخت می‌نامند. هنگامی که روبه‌روی آینه‌ای می‌ایستید خودتان را در آینه می‌بینید. مشاهده‌ی منظره‌های اطراف در سطح آب یک استخر،

دیده شدن اشیای مقابل آینه در آن، به سبب بازتاب نور از سطح آینه و رسیدن پرتوهای بازتاب به چشم است. آنچه در آینه دیده می‌شود **تصویر شئ** مقابل آینه است. شکل (۴ــ۱۰) چگونگی دیده شدن تصویر یک شئ (یک شمع) را در آینه‌ی تخت نشان می‌دهد.

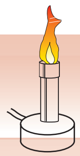


شکل ۴ــ۱۰ــ پرتوهایی که از شئ به آینه تابیده‌اند سبب می‌شوند که مشاهده کننده شئ را در راستای پرتوهای بازتاب که به چشم رسیده‌اند ببیند.

هنگامی که یک شئ مقابل آینه قرار می‌گیرد از هر نقطه‌ی آن (نظیر نقطه‌ی A در شکل ۴ــ۱۰) پرتوهای نور به آینه می‌تابد، این پرتوها پس از بازتاب از سطح آینه به چشم بیننده می‌رسند. مثل این است که این پرتوها از A′ به چشم می‌رسند. نقطه‌ی A′ که محل به‌هم رسیدن پرتوهای بازتاب‌اند، تصویر نقطه‌ی A است. با این روش می‌توانیم، تصویر هر نقطه‌ی دیگری از شئ را به کمک حداقل دو پرتو که از آن نقطه به آینه می‌تابد مشخص کنیم.

پاسخ دهید ۴

شخصی تصویر شما را در آینه می‌بیند. آیا شما هم در همان حال تصویر او را در آن آینه می‌بینید؟ درباره‌ی جواب خود توضیح دهید.



آزمایش کنید ــ ۵

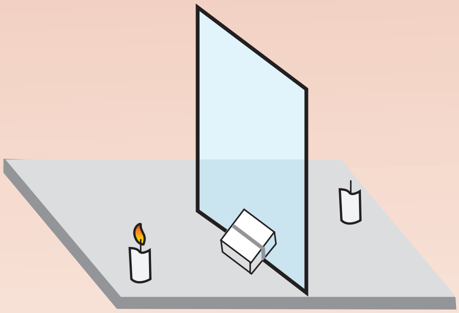
وسیله‌های آزمایش: شیشه، دو قوطی کبریت، چسب، مقوا و دو عدد شمع.

۱ــ یک شیشه را مطابق شکل (۴ــ۱۱) روی میز نصب کنید (برای این کار

می‌توانید دو قوطی کبریت خالی را به فاصله‌ای برابر ضخامت شیشه روی قطعه‌ای مقوّا چسبانده و شیشه را بین آن‌ها قرار دهید و مقوّا را روی میز بگذارید).

۲ــ دو شمع مشابه را در طرفین شیشه روی میز نصب کنید و پس از آنکه یکی از شمع‌ها را روشن کردید، از طرف شمع روشن به شیشه نگاه کنید.

۳ــ شمع خاموش و تصویر شمع روشن را در شیشه خواهید دید.



شکل ۴ــ ۱۱

۴ــ در همین حال شمع روشن را جابه‌جا کنید، با این کار، تصویر آن نیز جابه‌جا خواهد شد. این کار را آن‌قدر ادامه دهید که تصویر شمع روشن بر شمع خاموش منطبق شود. در این صورت در شیشه فقط یک شمع و آن هم روشن دیده می‌شود.

۵ــ فاصله‌ی شمع روشن و شمع خاموش را تا شیشه اندازه بگیرید. آیا فاصله‌های آن‌ها یکسان است؟

۶ــ اگر شمع روشن را قدری به شیشه نزدیک یا از آن دور کنید، برای اینکه در شیشه فقط یک شمع و آن هم روشن دیده شود، چه باید کرد؟ از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

از آزمایش ۵ نتیجه می‌گیریم که همواره فاصله‌ی شئ تا آینه برابر فاصله‌ی آینه تا تصویر است.

ویژگی‌های تصویر در آینه‌ی تخت

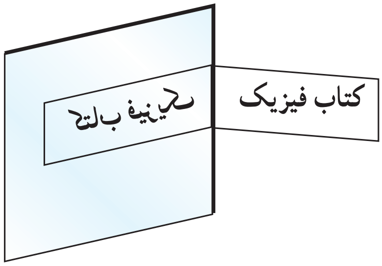
۱ــ همان‌طور که در مورد چگونگی دیده‌شدن تصویر در آینه، در شکل (۴ــ ۱۰) شرح داده شده اگر واقعاً در محل A' نقطه‌ی نورانی وجود داشت و پرتوهایی از آن به چشم می‌رسید، آن پرتوها مانند پرتوهایی بودند که از سطح آینه به چشم رسیده‌اند، به همین سبب انسان تصور می‌کند نقطه‌ی

نورانی A در A′ است. **A′ را تصویر مجازی A می‌نامیم**. همان‌طور که در شکل (۴ــ۱۰) دیده می‌شود، تصویر مجازی از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب حاصل می‌شود.

۲ــ در آینه‌ی تخت، طول تصویر با طول شئ برابر است.

۳ــ همان‌گونه که شکل (۴ــ۱۰) نشان می‌دهد، تصویر در آینه‌ی تخت نسبت به جسم مستقیم است.

۴ــ شکل (۴ــ۱۲) تصویر نوشته‌ای را در کنار یک آینه‌ی تخت نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۱۲ــ تصویر در آینه‌ی تخت وارونی جانبی جسم است.

درحالی که نوشته‌ی روی کاغذ از راست به چپ خوانده می‌شود، تصویر نوشته را باید از چپ به راست خواند. این تغییر سمت را که به‌وسیله‌ی آینه حاصل شده است **وارونی جانبی** می‌نامند.

پاسخ دهید ۵

چرا کلمه‌ی آمبولانس را در جلوی آن به‌صورت وارونه می‌نویسند؟
آیا این کلمه در پشت این اتومبیل نیز وارونه نوشته می‌شود؟

فعالیت ۵

در آینه‌های تخت :

۱ــ فاصله‌ی تصویر تا آینه ...... فاصله‌ی شئ تا آینه است.

۲ــ طول تصویر با .... برابر است.

۳ــ تصویر شئ در آینه‌ی تخت ..... و ..... است.

فعالیت ۶

الف : با مشورت دیگر اعضای گروه خود،چند کاربرد از آینه‌های تخت را بنویسید و به کلاس گزارش کنید.

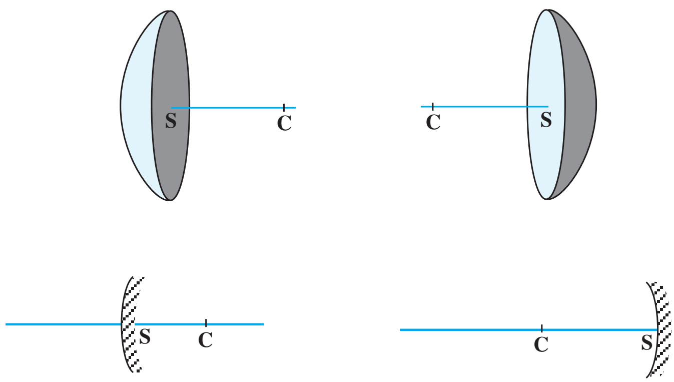
ب : با مشارکت دیگر اعضای گروه خود، با چند عدد آینه‌ی تخت یک وسیله بسازید و درباره‌ی کاربرد آن به کلاس گزارش دهید.

۴ــ۶ــ آینه‌های کروی

با آینه‌ی تخت و ویژگی‌های تصویر در آن آشنا شدید. برای پاره‌ای از کاربردهای علمی و تجربی، نوع دیگری از آینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که سطح آن‌ها خمیده است. نوع ویژه‌ای از این‌گونه سطح‌های خمیده، آینه‌های کروی است که در این بخش بررسی می‌شوند.

سطح آینه‌های کروی، بخشی از سطح یک کره است، یعنی تمام نقاط آن از یک نقطه به نام مرکز آینه (مرکز کره‌ای که آینه بخشی از آن است) به یک فاصله‌اند.

اگر سطح درونی کره صیقلی باشد آن را آینه‌ی کاو یا مقعر و اگر سطح برآمده‌ی آن صیقلی باشد، آن‌را آینه‌ی کوژ یا محدب می‌نامند. این آینه‌ها به‌صورت طرح‌وار در شکل (۴ــ۱۳) نشان داده شده‌اند.



ب ــ آینه‌ی محدب

الف ــ آینه‌ی مقعر

شکل ۴ــ۱۳

مرکز ــ محور اصلی: مرکز کره‌ای را که آینه قسمتی از آن است، **مرکز آینه** (نقطه‌ی C) می‌نامند.
خطی که از مرکز آینه و وسط آینه (نقطه‌ی S) می‌گذرد، محور اصلی آینه نامیده می‌شود.
قانون‌های بازتاب نور در مورد آینه‌های کروی هم به کار می‌رود. یعنی اگر در نقطه‌ی فرود پرتو تابش (نقطه‌ی تابش) یک آینه‌ی کروی،خطی عمود بر سطح آینه رسم کنیم، زاویه‌های تابش و بازتاب مشخص می‌شوند. در این‌جا نیز زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

فعالیت ۷

پرتوی که در امتداد محور اصلی آینه‌ی مقعر به آن بتابد در چه راستایی باز می‌تابد؟ پرتو تابش و پرتو بازتاب را در این حالت رسم کنید.

۴ــ۷ــ کانون آینه‌ی مقعر (کاو)

آزمایش کنید ـ ۶

وسیله‌های آزمایش: آینه‌ی مقعر، یک ورق کوچک کاغذ

۱ــ آینه‌ی مقعر را مقابل خورشید بگیرید.

۲ــ ورق کاغذ را در جلوی آینه به‌آرامی جابه‌جا کنید تا دایره‌ی کوچک روشنی روی صفحه پدید آید.

توجه داشته باشید که صفحه‌ی کاغذ را باید طوری بگیرید که مانع رسیدن نور خورشید به سطح آینه نشود. در وضعی که لکّه‌ی نورانی بیشترین درخشندگی و کوچک‌ترین اندازه را دارد، صفحه را ثابت نگه دارید. محل تشکیل لکه‌ی روشن درخشان را کانون اصلی آینه می‌نامیم.

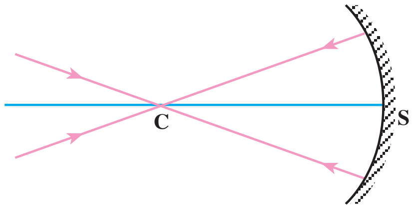
فاصله‌ی کانون تا آینه را **فاصله‌ی کانونی آینه** می‌نامیم. در آینه‌های مقعر، کانون آینه حقیقی است. با اندازه‌گیری فاصله‌ی کانونی معلوم شده است که این فاصله نصف فاصله‌ی مرکز تا آینه

است. یعنی فاصله‌ی کانونی نصف شعاع آینه است. اگر فاصله‌ی کانونی f و شعاع آینه r باشد، داریم :

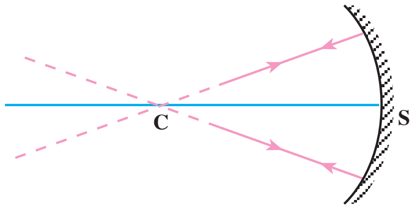
$$f = \frac{r}{۲} \qquad (۴_۲)$$

۴ــ۸ــ رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی مقعر

الف : **هر پرتوی که از مرکز آینه‌ی مقعر گذشته و به آینه بتابد یا طوری به آینه بتابد که امتداد آن از مرکز آینه بگذرد، روی خودش باز می‌تابد.** زیرا این پرتو بر آینه عمود است $i = r = ۰$ (هر خطی که از مرکز کره بگذرد بر کره عمود است) در شکل (۴ــ۱۴ــ الف و ب) این‌گونه پرتوها در آینه‌ی مقعر نشان داده شده‌اند (نقطه‌ی C مرکز آینه است).



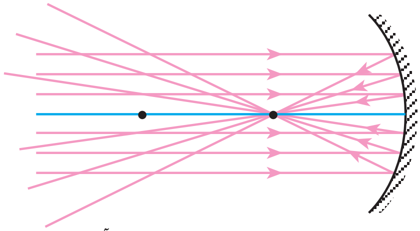
الف ــ پرتوی که ازمرکز بگذرد و به آینه‌ی مقعر بتابد، روی خودش بازمی‌تابد.



ب ــ پرتوی که در امتداد مرکز به آینه‌ی مقعر بتابد، روی خودش بازمی‌تابد.

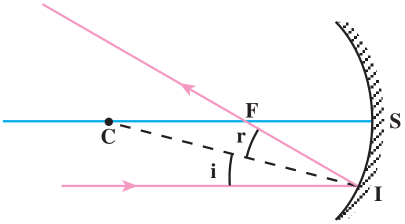
شکل ۴ــ۱۴

ب : در آزمایش ۶، با توجه به اینکه پرتوهای خورشید که از فاصله‌ی خیلی دور (بی‌نهایت) تابش می‌شوند، همه موازی محور اصلی آینه‌اند ؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که : هرگاه دسته پرتوهایی موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابند، پرتوهای بازتاب آن‌ها از یک نقطه روی محور اصلی به نام **کانون اصلی آینه** خواهند گذشت. شکل (۴ــ۱۵) دسته پرتوهای تابش و بازتاب آن‌ها را در آینه‌ی مقعر نشان می‌دهد. به این‌ترتیب **هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابد پرتو بازتاب آن از کانون آینه می‌گذرد.**



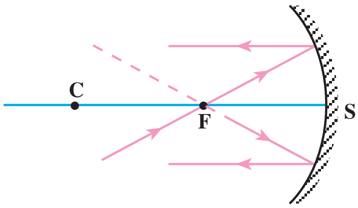
شکل ۴ــ۱۵ــ پرتوهایی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابند پس از بازتاب از کانون اصلی آینه می‌گذرند.

در شکل (۴ــ۱۶) پرتو تابش موازی محور اصلی و پرتو بازتاب آن نشان داده شده است. در این آینه‌ها هم، قانون‌های بازتاب همان است که قبلاً بیان شد. هرگاه در نقطه‌ی تابش I خط عمودی بر سطح آینه (IC) رسم شود، زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.



شکل ۴ــ۱۶ــ پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی مقعر بتابد، پس از بازتاب از کانون می‌گذرد. می‌توان نشان داد که زاویه‌تابش (i) و بازتاب (r) با هم مساوی هستند.

پ : آزمایش نشان می‌دهد که **اگر پرتو تابش از کانون گذشته و به آینه بتابد و یا طوری بتابد که امتداد آن از کانون بگذرد، پرتو بازتاب آن موازی محور اصلی خواهد بود.** در شکل (۴ــ۱۷) این پرتوها نشان داده شده‌اند.



شکل ۴ــ۱۷ــ پرتوی که امتداد یا خود آن از کانون آینه‌ی مقعر بگذرد، موازی محور اصلی آینه باز می‌تابد.

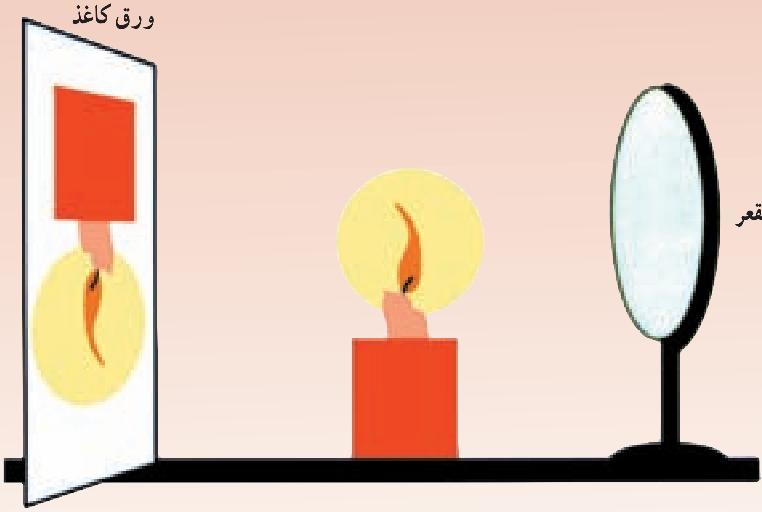
آزمایش کنید ــ ۷

وسیله‌های آزمایش: آینه‌ی مقعر با پایه، شمع، کبریت، یک ورق کوچک کاغذ.

این آزمایش باید در یک اتاق نسبتاً تاریک انجام شود.

۱ــ به ترتیبی که در آزمایش ۶ شرح داده شد محل کانون آینه‌ی مقعر را تعیین و فاصله‌ی آن را تا آینه اندازه بگیرید.

۲ــ آینه را روی پایه ثابت کنید و شمع را روشن کنید و آن‌را مطابق شکل (۴ــ۱۸) در فاصله‌ای بین مرکز و کانون آینه، در مقابل آینه قرار دهید. ورق کاغذ را مقابل آینه جابه‌جا کنید تا تصویر واضح شمع روی ورقه‌ی کاغذ مشاهده شود. دقت کنید که ورقه‌ی کاغذ مانع رسیدن نور شمع به آینه نشود.



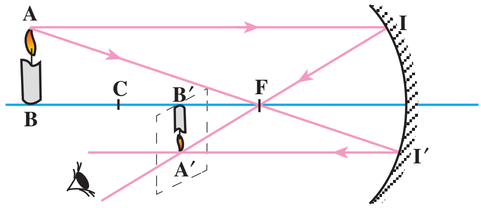
شکل ۴ ــ ۱۸

۳ــ شمع روشنی را به کانون آینه نزدیک یا از آن دور کنید طوری که فاصله‌ی آن تا آینه از فاصله‌ی مرکز تا آینه بیشتر شود و در هر یک از این فاصله‌ها تصویر را بر روی ورق کاغذ مشاهده کنید و نتیجه را در گزارشی که تهیه می‌کنید بنویسید.

۴ــ۹ــ چگونگی تشکیل تصویر در آینه‌های مقعر

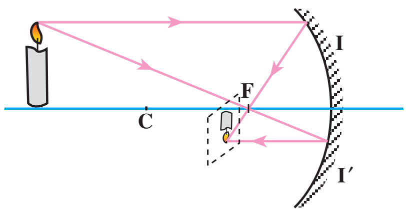
یک شئ، مثلاً یک شمع روشن، را در فاصله‌ای دورتر از مرکز، در مقابل آینه‌ی کاو عمود بر محور اصلی آن مطابق شکل (۴ــ ۱۹) در نظر بگیرید. از هر نقطه‌ی شمع، مانند نقطه‌ی A، پرتوهای زیادی به آینه می‌تابند، بازتاب دو پرتو تابش AI (موازی محور اصلی) و AI′ (پرتو تابشی که از کانون گذشته) را به روشی که گفته شد رسم می‌کنیم، پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را در نقطه‌ی A′ قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه‌ی A به آینه بتابد، بازتاب آن‌ها از نقطه‌ی A′ می‌گذرد. بنابراین برای به‌دست‌آوردن نقطه‌ی A′ رسم دو پرتو کافی است. A′ تصویر نقطه‌ی A است. اگر برای

سایر نقطه‌های شمع هم به همین روش عمل کنیم، تصویر کامل شمع به‌دست می‌آید. عملاً بازتاب پرتوهای تابش و بازتاب از همه‌ی نقطه‌های شمع را رسم نمی‌کنیم زیرا آزمایش نشان می‌دهد که اگر شئ بر محور اصلی عمود باشد، تصویر هم بر محور اصلی عمود است. بعد از به‌دست آوردن نقطه‌ی A′ (تصویر نقطه‌ی A)، می‌توان تصویر شئ را عمود بر محور اصلی رسم کرد.



شکل ۴ــ ۱۹ــ رسم تصویر شئ در آینه‌ی کاو

تصویری را که به این ترتیب حاصل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. اگر یک صفحه‌ی کاغذ را در مقابل آینه جابه‌جا کنیم با قرار گرفتن کاغذ درمحل تصویر، مطابق شکل (۴ــ ۲۰) تصویر حقیقی بر روی کاغذ تشکیل و مشاهده می‌شود.



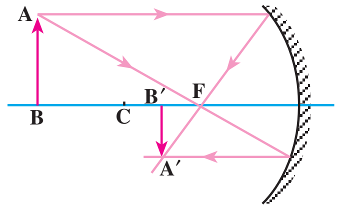
شکل ۴ــ ۲۰ــ تصویر حقیقی بر روی صفحه‌ی کاغذ تشکیل شده است.

هرگاه مطابق شکل (۴ــ ۱۹) چشم ناظر بعد از تصویر شمع، در راستای پرتوهای بازتاب، قرار گیرد تصویر را می‌بیند. زیرا اگر به جای A′ نقطه‌ی روشنی وجود داشت، همین پرتوها از آن نقطه‌ی روشن به چشم می‌رسیدند. می‌توان نتیجه گرفت که اگر پرتوهای بازتاب خودشان یک‌دیگر را قطع کنند تصویر حقیقی است.

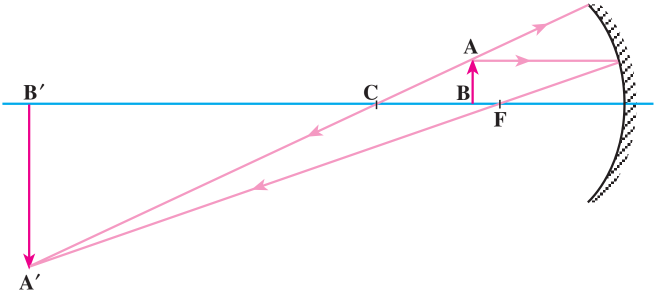
روش رسم تصویر در آینه‌های کاو: از هر نقطه‌ی شئ پرتوهای زیادی به آینه می‌تابد. در بین این پرتوها، پرتویی موازی محور اصلی یا پرتویی که از کانون یا مرکز آینه گذشته، نیز وجود دارد. با انتخاب دو پرتو از این سه پرتو از نقطه‌ی A بالاترین نقطه‌ی جسم و رسم پرتو بازتاب آن‌ها، تصویر نقطه‌ی مزبور، در محل تلاقی پرتوهای بازتاب یا در محل تلاقی امتداد این پرتوها، به‌دست می‌آید.

با رسم بازتاب هر دو، یا چند پرتو دیگری هم که از نقطه‌ی مورد نظر به آینه تابیده‌اند می‌توان به همان ترتیب تصویر را به‌دست آورد. با این تفاوت که رسم بازتاب پرتوهای غیرمشخص باید با استفاده از مساوی بودن زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتابش صورت گیرد، درحالی که رسم بازتاب سه پرتو مشخصی که پیش‌تر گفته شد به سادگی صورت می‌گیرد.

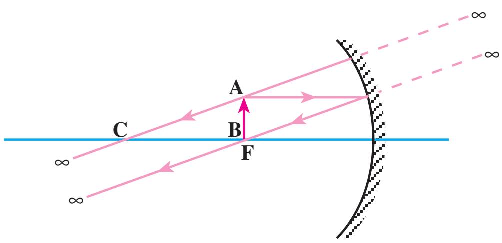
در شکل‌های (۴ــ۲۱ــ الف تا ت) روش رسم تصویر شئ AB در یک آینه‌ی کاو نشان داده شده است. در شکل (۴ــ۲۱ــ ت) هرگاه چشم ناظر در محل نشان داده شده قرار گیرد، احساس می‌کند که پرتوهای بازتاب از محل A′B′ آمده است و در آن محل تصویر را می‌بینند. اما چون واقعاً در آنجا چیزی وجود ندارد آن را تصویر **مجازی** می‌نامند. در حالتی که تصویر مجازی است، امتداد پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را قطع می‌کنند. اما در شکل‌های الف و ب پرتوهای بازتاب یک‌دیگر را قطع کرده و نقطه‌ی روشن A′ که تصویر نقطه‌ی A است حاصل شده است. همان‌طورکه قبلاً هم گفته شد اگر یک صفحه‌ی کاغذ در محل تصویر قرار گیرد (به‌طوری که مانع تابش نور به آینه نشود) تصویر روی صفحه‌ی کاغذ دیده می‌شود، این تصویر **حقیقی** است.



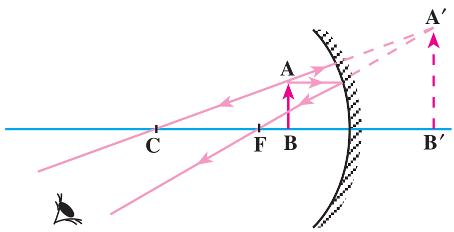
الف ــ شئ در فاصله‌ای دورتر از مرکز آینه؛ تصویر حقیقی، کوچک‌تر از جسم، وارونه و بین مرکز و کانون است.



ب ــ شئ بین مرکز و کانون؛ تصویر دورتر از مرکز، حقیقی، بزرگ‌تر از شئ و وارونه است.



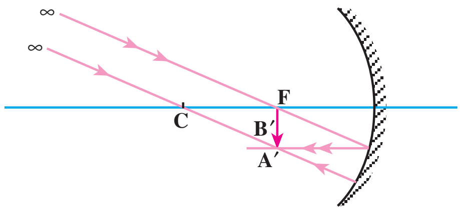
پ ــ شئ روی کانون؛ پرتوهای بازتاب با هم موازی‌اند و در فاصله‌ی خیلی دور (بی‌نهایت) یک‌دیگر را قطع می‌کنند. در این حالت می‌گوییم تصویر در بی‌نهایت است.



ت ــ شئ بین کانون و آینه؛ همان‌طور که در شکل دیده می‌شود پرتوهای بازتاب در جلوی آینه از هم دور می‌شوند، امتداد آن‌ها در پشت آینه یک‌دیگر را قطع می‌کنند، تصویر مجازی، بزرگ‌تر از شئ و مستقیم است.

شکل ۴ــ۲۱

رسم تصویر یک شئ که در فاصله‌ی خیلی دور از آینه‌ی کاو قرار دارد: همان‌طورکه در مورد کانون آینه‌های کاو گفته شد، تصویر خورشید در کانون آینه تشکیل می‌شود. از طرفی، پرتوهایی که از یک نقطه‌ی خیلی دور(بی‌نهایت) تابیده می‌شوند، با هم موازی‌اند. بر اساس روش ترسیمی که قبلاً توضیح داده شده، از بین پرتوهای زیادی که از نقطه‌ی خیلی دور به آینه تابیده‌اند، دو پرتو تابش، که یکی از کانون و یکی از مرکز آینه می‌گذرند، برای رسم تصویر کافی است. چگونگی رسم تصویر در این حالت در شکل (۴ــ۲۲) نشان داده شده است.



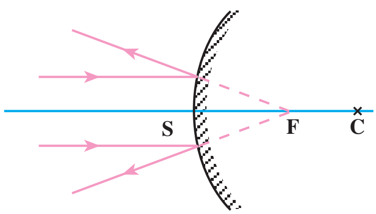
شکل ۴ــ۲۲ــ رسم تصویر یک شئ که در فاصله‌ی خیلی دور از آینه‌ی کاو قرار دارد. تصویر حقیقی، کوچک‌تر، وارونه و روی کانون است.

فعالیت ۸

با مشارکت دیگر اعضای گروه خود، آزمایشی طراحی کنید که به‌کمک آن بتوانید مرکز یک آینه‌ی کاو را مشخص نمایید.

۴ــ۱۰ــ کانون آینه‌ی محدب (کوژ)

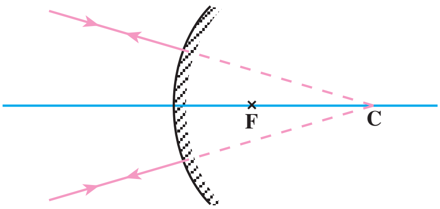
هرگاه پرتوهایی موازی محور اصلی آینه‌ی محدب به آن بتابند، طوری باز می‌تابند که امتداد پرتوهای بازتاب از یک نقطه روی محور اصلی می‌گذرند. این نقطه کانون اصلی آینه‌ی محدب نام دارد. کانون آینه‌ی محدب، مجازی است. فاصله‌ی کانون تا آینه را «**فاصله‌ی‌کانونی**» آینه می‌نامند. در آینه‌های محدب نیز فاصله‌ی کانونی آینه نصف فاصله‌ی مرکز تا آینه یعنی نصف شعاع آینه است ($f = \frac{r}{۲}$). شکل (۴ــ۲۳) پرتوهای تابش، موازی محور اصلی آینه‌ی محدب، و چگونگی بازتابش آن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۲۳ــ کانون در آینه‌ی محدب

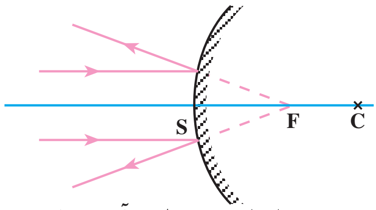
۴ــ۱۱ــ رسم پرتوهای بازتاب در آینه‌ی محدب

الف : هر پرتو تابش که امتداد آن از مرکز آینه‌ی محدب (در پشت آینه) بگذرد، روی خودش باز می‌تابد. در شکل (۴ــ۲۴) پرتوهایی که در امتداد مرکز به آینه می‌تابند، نشان داده شده‌اند.



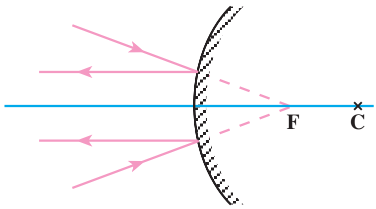
شکل ۴ــ۲۴

ب : هر پرتوی که موازی محور اصلی به آینه‌ی محدب بتابد، طوری باز می‌تابد که امتداد پرتو بازتاب از کانون اصلی آینه‌ی محدب (در پشت آینه) بگذرد (شکل ۴ــ۲۵).



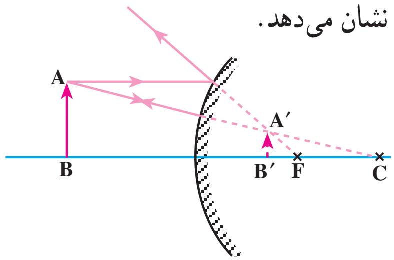
شکل ۴ــ۲۵

پ : هرگاه امتداد پرتو تابش از کانون بگذرد، پرتو بازتاب مربوط به آن، موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل (۴ــ۲۶) این‌گونه پرتوها نشان داده شده‌اند.



شکل ۴ــ۲۶

تصویر در آینه‌ی محدب: با رسم دو پرتو تابش مشخص، از بین پرتوهای تابش زیادی که از یک نقطه‌ی یک شئ به آینه می‌تابد، و رسم پرتوهای بازتاب آن‌ها و با توجه به آنچه پیش‌تر شرح داده شد، می‌توان تصویر یک شئ را که مقابل آینه و عمود بر محور اصلی است به‌دست آورد. شکل (۴ــ۲۷) تصویر شئ AB را در آینه‌ی محدب نشان می‌دهد.

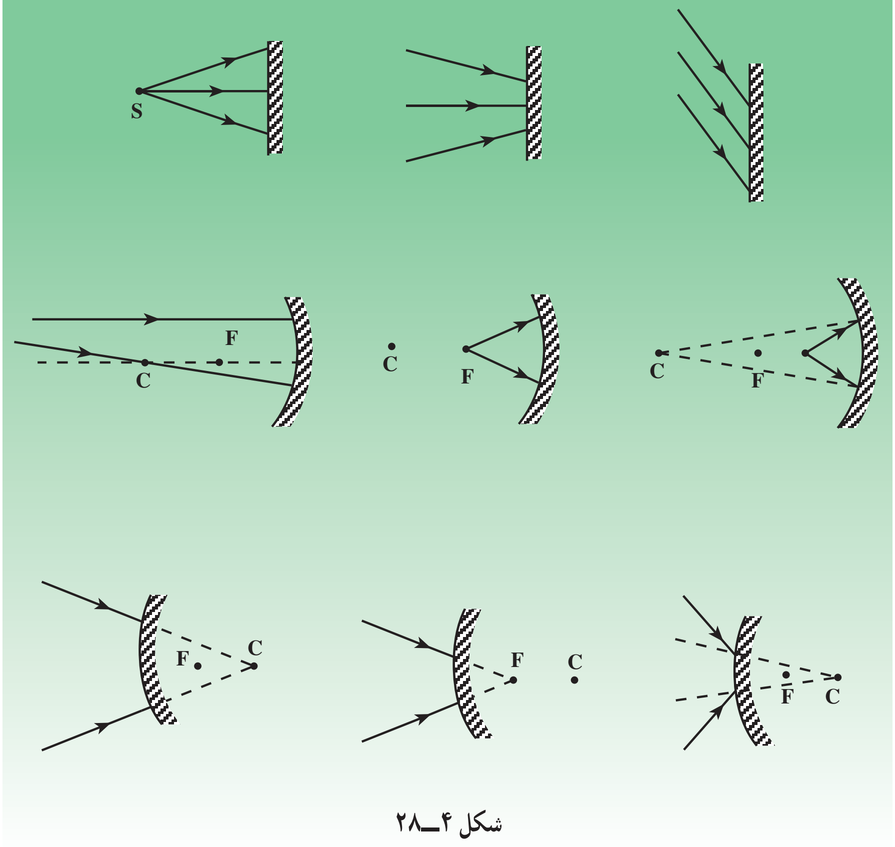


شکل ۴ــ۲۷ــ تصویر شئ در آینه‌ی محدب، مجازی، کوچک‌تر و مستقیم است.

در این مورد هم کسی که تصویر را می‌بیند، احساس می‌کند که پرتوهایی از شئ واقع در محل A′B′ به چشم او رسیده است و تصویر را در آنجا خواهد دید، چون تصویر از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب حاصل شده است، مجازی است. در آینه‌های محدب، شئ در هر فاصله‌ای مقابل آینه قرار داده شود، تصویر آن کوچک‌تر از شئ، مجازی و نسبت به شئ مستقیم و داخل فاصله‌ی کانونی آینه دیده می‌شود.

فعالیت ۹

الف : مطابق شکل‌های ۴ــ۲۸، پرتوهای نور به آینه‌ها می‌تابد. با استفاده از قوانین بازتابش نور، در هریک از شکل‌های زیر مسیر پرتو بازتاب را رسم کنید.



شکل ۴ــ۲۸

ب : با استفاده از نتایج قسمت الف، جدول زیر را کامل کنید.

نوع آینه	پرتو تابش / پرتو بازتاب	همگرا	واگرا	موازی
آینه‌ی تخت	همگرا			
	واگرا			
	موازی			
آینه‌ی مقعر	از نقطه‌ی نورانی در فاصله‌ی دور (واگرا)			
	ازنقطه‌ی نورانی واقع در کانون			
	از نقطه‌ی نورانی بین کانون و آینه			
آینه‌ی محدب	پرتو همگرا به سمت مرکز			
	پرتو همگرا به سمت کانون			
	پرتو همگرا به سمت نقطه‌ای بین کانون و آینه			

۴ـ۱۲ـ محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا آینه‌ی مقعر

همان‌طور که در شکل (۴ـ۲۱) مربوط به تصویر شئ در آینه‌ی مقعر دیده می‌شود، در این آینه‌ها، فاصله‌ی تصویر تا آینه بستگی به فاصله‌ی شئ تا آینه دارد. در موردهایی فاصله‌ی تصویر تا آینه بیشتر از فاصله‌ی جسم تا آینه، و در موردهایی کمتر از آن است. در مواردی تصویر حقیقی و در یک مورد هم تصویر مجازی است.

هرگاه فاصله‌ی شئ تا آینه را با p و فاصله‌ی تصویر تا آینه را با q و فاصله‌ی کانونی آینه را با f نشان دهیم، ثابت می‌شود که بین p و q و f رابطه‌ی زیر برقرار است :

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f} \qquad (۴ـ۳)$$

هرگاه فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم نباشد، در رابطه‌ی (۴ـ۳) به‌جای p و f عدد مربوط را قرار می‌دهیم و q را محاسبه می‌کنیم. پس از محاسبه اگر عدد به‌دست آمده مربوط به q مثبت باشد، تصویر حقیقی است و درصورتی که عدد به‌دست آمده منفی باشد معلوم می‌شود تصویر مجازی است.

درصورتی که فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم و تصویر مجازی باشد این فاصله را با علامت منفی به جای q قرار می‌دهیم.

آزمایش کنید ـ ۸

«آزمایش کنید» شماره‌ی ۷ را تکرار کنید و با اندازه‌گیری فاصله‌ی جسم تا آینه و فاصله‌ی تصویر تا آینه درستی رابطه‌ی (۴ـ۳) را تجربه نموده، نتیجه را گزارش کنید.

مثال ۱

یک شئ در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری یک آینه‌ی مقعر قرار داده شده است. اگر شعاع آینه ۳۰ سانتی‌متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا آینه و نوع تصویر را تعیین کنید.

حل

$p = 20\text{cm}$ و $f = \frac{r}{2} = \frac{30}{2} = 15\text{cm}$

بنابه‌رابطه‌ی ۴ـ۳

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{20} + \frac{1}{q} = \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{15} - \frac{1}{20} = \frac{4-3}{60} \Rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1}{60}$$

فاصله‌ی تصویر تا آینه $q = 60\text{cm}$

چون q مثبت است تصویر حقیقی است.

مثال ۲

یک شئ در فاصله‌ی ۱۲ سانتی‌متری از یک آینه‌ی مقعر که فاصله‌ی کانونی آن ۲۴ سانتی‌متر است قرار دارد. فاصله‌ی تصویر تا آینه، نوع تصویر و فاصله‌ی شئ تا تصویر را تعیین کنید.

حل

$p = 12\text{cm}$ و $f = 24\text{cm}$ و $q = ?$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{12} + \frac{1}{q} = \frac{1}{24}$$

$$\frac{1}{q}=\frac{1}{24}-\frac{1}{12}=\frac{1-2}{24}\Rightarrow\frac{1}{q}=-\frac{1}{24}$$

فاصله‌ی تصویر تا آینه $q=-24cm$

چون q منفی است تصویر مجازی است.

فاصله‌ی جسم از تصویر $=p+q=12+24$

$=36cm$

مثال ۳

یک شئ را در ۹ سانتی‌متری آینه‌ی مقعری قرار می‌دهیم. آینه از جسم تصویری می‌دهد مجازی و در ۱۲ سانتی‌متری پشت آینه؛ شعاع آینه را حساب کنید.

حل: چون تصویر مجازی است باید به جای q مقدار آن را با علامت منفی در رابطه قرار داد.

$p=9cm$ و $q=-12cm$ و $r=?$

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{9}-\frac{1}{12}=\frac{1}{f}\Rightarrow\frac{4-3}{36}=\frac{1}{f}\Rightarrow\frac{1}{36}=\frac{1}{f}$$

$f=36cm$

شعاع آینه‌ی مقعر $r=2f=72cm$

۴ـ۱۳ـ محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا آینه‌ی محدب

اگر فاصله‌ی جسم تا آینه و فاصله‌ی تصویر تا آینه و فاصله‌ی کانونی در این آینه‌ها هم به‌ترتیب برابر p، q و f باشد، ثابت می‌شود که در آینه‌ی محدب هم میان آن‌ها رابطه‌ی (۴ـ۳) برقرار است. کانون آینه‌ی محدب مجازی است، بنابراین در محاسبه‌ها باید فاصله‌ی کانونی را با علامت منفی در رابطه‌ی (۴ـ۳) قرار دهیم. هرگاه فاصله‌ی تصویر تا آینه معلوم نباشد، در رابطه‌ی (۴ـ۳) به جای p و f عددهای مربوط را قرار می‌دهیم و q را محاسبه می‌کنیم. درصورتی که فاصله‌ی تصویر تا آینه یعنی

q معلوم باشد، چون تصویر در آینه‌ی محدب مجازی است، این فاصله را با علامت منفی در رابطه‌ی (۴ــ۳) قرار می‌دهیم.

مثال ۴

یک شئ در فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری آینه‌ی محدبی که شعاع آن ۱۰ سانتی‌متر است قرار دارد، تصویر آن در چه فاصله‌ای از آینه دیده می‌شود؟

حل

$$p = ۲۰cm \text{ و } r = ۱۰cm \Rightarrow f = \frac{r}{۲} = ۵cm \text{ و } q = ?$$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۲۰} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{-۵}$$

$$\frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۵} - \frac{۱}{۲۰} = \frac{-۴-۱}{۲۰} \Rightarrow \frac{۱}{q} = -\frac{۵}{۲۰} \Rightarrow \frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۴}$$

فاصله‌ی تصویر تا آینه $q = -۴cm$

علامت منفی نشان می‌دهد که تصویر مجازی است.

۴ــ۱۴ــ بزرگ‌نمایی خطی آینه‌ها

نسبت طول تصویر $(A'B')$ به طول شئ (AB) را بزرگ‌نمایی خطی می‌نامیم و آن را با m نمایش می‌دهیم:

$$m = \frac{A'B'}{AB} \qquad (۴ــ۴)$$

بزرگ‌نمایی نشان می‌دهد که طول تصویر چند برابر طول شئ است.

ثابت می‌شود که در هر دو نوع آینه‌ی کروی می‌توان نوشت:

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \qquad (۴ــ۵)$$

یعنی نسبت طول تصویر به طول شئ برابر نسبت فاصله‌ی تصویر تا آینه به فاصله‌ی شئ تا آینه است.

در رابطه‌ی (۴ــ۵) مقدارهای p و q را بدون علامت قرار می‌دهیم.

مثال ۵

یک شئ را در چه فاصله‌ای از یک آینه‌ی مقعر که فاصله‌ی کانونی آن ۱۲ سانتی‌متر است قرار دهیم تا تصویر حقیقی آن در فاصله‌ی ۳۶ سانتی‌متری آینه تشکیل شود. اگر طول شئ ۴ سانتی‌متر باشد، طول تصویر آن در این حالت چقدر است؟

حل

$p = ?$ و $q = ۳۶cm$ و $f = ۱۲cm$ و $AB = ۴cm$ و $A'B' = ?$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{p} + \frac{۱}{۳۶} = \frac{۱}{۱۲}$$

$$\frac{۱}{p} = \frac{۱}{۱۲} - \frac{۱}{۳۶} = \frac{۳-۱}{۳۶} \Rightarrow \frac{۱}{p} = \frac{۲}{۳۶} \Rightarrow \frac{۱}{p} = \frac{۱}{۱۸}$$

فاصله‌ی جسم از آینه $p = ۱۸cm$

طول تصویر $\frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{۴} = \frac{۳۶}{۱۸} \Rightarrow \frac{A'B'}{۴} = \frac{۲}{۱} \Rightarrow A'B' = ۸cm$

مثال ۶

یک شئ به طول ۵ سانتی‌متر را در ۱۵ سانتی‌متری آینه‌ی محدبی قرار می‌دهیم. تصویر مجازی در ۶ سانتی‌متری آینه دیده می‌شود. فاصله‌ی کانونی آینه و طول تصویر را محاسبه کنید.

حل

$p = ۱۵cm$ و $q = -۶cm$ و $AB = ۵cm$ و $f = ?$ و $A'B' = ?$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f}$$

$$\frac{۱}{۱۵} - \frac{۱}{۶} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۲-۵}{۳۰} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{f} = \frac{-۳}{۳۰}$$

$$\frac{۱}{f} = -\frac{۱}{۱۰} \Rightarrow f = -۱۰cm$$

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{A'B'}{۵} = \frac{۶}{۱۵} \Rightarrow \frac{A'B'}{۵} = \frac{۲}{۵} \Rightarrow A'B' = ۲cm$$

مثال ۷

یک شئ روی مرکز آینه‌ی مقعری که فاصله‌ی کانونی آن ۶ سانتی‌متر است قرار دارد. محل و نوع تصویر و بزرگ‌نمایی خطی آینه را در این حالت حساب کنید و تصویر آن‌را نیز رسم نمایید.

حل: چون شئ روی مرکز آینه قرار دارد فاصله‌ی آن تا آینه برابر شعاع آینه، یا دو برابر فاصله‌ی کانونی آینه است، یعنی :

$f = ۶cm$ و $p = ۲f = ۲\times۶ = ۱۲cm$ و $q = ?$ و $m = ?$

$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f}$$

$$\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۶}\Rightarrow\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۶}-\frac{۱}{۱۲}$$

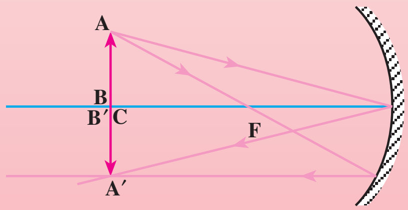
$$\frac{۱}{q}=\frac{۲-۱}{۱۲}\Rightarrow\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۱۲}\Rightarrow q=۱۲cm$$

چون q مثبت شده است تصویر حقیقی است.

دیده می‌شود $q = p$ شده است و از اینجا معلوم می‌شود که اگر شیئی روی مرکز باشد تصویر آن روی مرکز تشکیل می‌شود.

$$m=\frac{q}{p}=\frac{۱۲}{۱۲}=۱$$

از محاسبه‌ی بزرگ‌نمایی معلوم می‌شود که در این حالت طول تصویر با طول شئ، برابر است.



شکل ۴ــ۲۹

مثال ۸

یک شئ در ۱۲ سانتی‌متری یک آینه‌ی کروی قرار دارد. اگر بزرگ‌نمایی در این حالت برابر $\frac{۱}{۳}$ و تصویر پشت آینه باشد نوع تصویر، نوع آینه و فاصله‌ی کانونی آن‌را مشخص کنید.

حل: چون تصویر پشت آینه است، تصویر مجازی است. بزرگ‌نمایی کوچک‌تر از یک است، یعنی طول تصویر مجازی کوچکتر از طول جسم است، درنتیجه آینه محدب است (طول تصویر مجازی در آینه‌ی مقعر از طول جسم بزرگ‌تر است).

$p = ۱۲cm$ و $m = \frac{۱}{۳}$ و $q = ?$ و $f = ?$

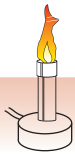
$$m = \frac{q}{p} \Rightarrow \frac{۱}{۳} = \frac{q}{۱۲} \Rightarrow ۳q = ۱۲ \Rightarrow q = \frac{۱۲}{۳} = ۴cm$$

چون تصویر مجازی است، $q = -۴cm$ را باید در رابطه قرار داد.

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۱۲} - \frac{۱}{۴} = \frac{۱}{f} \Rightarrow \frac{۱}{f} = \frac{۱-۳}{۱۲} = -\frac{۲}{۱۲}$$

فاصله‌ی کانونی آینه‌ی محدب $\frac{۱}{f} = -\frac{۱}{۶} \Rightarrow f = -۶cm$

منفی شدن f نیز نشان می‌دهد که آینه محدب است.



آزمایش کنید ــ ۹

وسیله‌های آزمایش: پرگار، کاغذ شطرنجی و خط‌کش.

۱ــ بر سطح یک کاغذ شطرنجی آینه‌ی مقعری (با انحنا یا گودی کم) رسم کنید. اندازه‌ی شعاع آن را تعیین و مرکز آینه را مشخص کنید.

۲ــ با نصف کردن شعاع، جای کانون را نیز مشخص کنید.

۳ــ شیٔ AB را در فاصله‌ی معینی از آینه قرار داده و تصویر آن‌را به روش زیر رسم کنید.

الف ــ محل تصویر را با شمارش خانه‌های شطرنجی به‌دست آورید.

ب ــ محل تصویر را به کمک رابطه‌ی (۴ــ۳) محاسبه کنید.

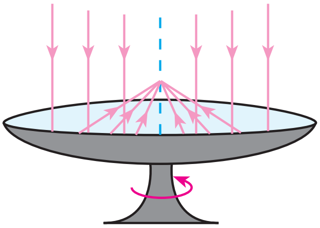
پ ــ اندازه‌های به‌دست آمده در قسمت الف و ب را با هم مقایسه کنید.

ت ــ بزرگ‌نمایی خطی را با اندازه‌گیری طول شیٔ و طول تصویر (به‌کمک خط‌کش) و بار دیگر از رابطه‌ی $m = \frac{q}{p}$ به‌دست آورده و آن‌ها را نیز با هم مقایسه کنید و نتیجه‌ی مقایسه‌ها را بیان کنید.

فنّاوری و کاربرد

کوره‌ی آفتابی

کوره‌ی آفتابی وسیله‌ای است که با آن می‌توان انرژی تابشی خورشید را در یک نقطه متمرکز و آن‌را تبدیل به انرژی گرمایی کرد. این وسیله از یک آینه‌ی مقعر و یک پایه‌ی گردان تشکیل شده است (شکل ۴ــ۳۰). حرکت آینه، توسط یک موتور، طوری تنظیم می‌شود که دهانه‌ی آینه همواره متوجه خورشید باشد. پرتوهای خورشید به‌طور موازی به آینه برخورد کرده و در کانون آن متمرکز می‌شوند و دمای این نقطه در صورتی که جسمی در آنجا قرار دهیم به چند هزار درجه‌ی سلسیوس می‌رسد. این تمرکز انرژی که به‌صورت انرژی گرمایی ظاهر می‌شود، در صنعت کاربری‌های مختلفی دارد.

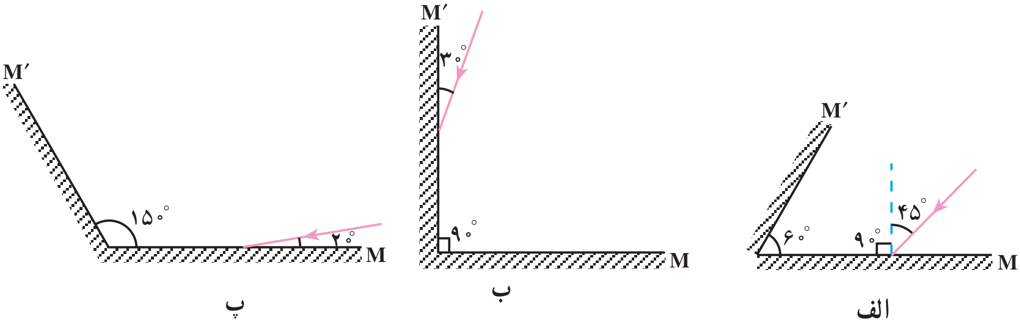




شکل ۴ــ۳۰ــ کوره‌ی آفتابی که با آن می‌توان انرژی تابشی خورشید را به انرژی گرمایی تبدیل کرد.

تمرین‌های فصل چهارم

۱ــ در شکل‌های (۴ــ۳۱) مسیر پرتو نور را در دو آینه‌ی M و M′ ، با رسم، کامل کنید.



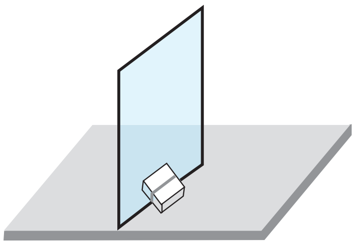
شکل ۴ــ۳۱

۲ــ آینه‌ی تختی را مطابق شکل (۴ــ۳۲) روی میز به‌طور قائم نصب کنید (یا از دوست خود بخواهید که آن‌را به‌طور قائم روی میز نگه‌دارد) پس از آن یک مداد یا خودکار را طوری روی میز مقابل آینه قرار دهید که :

الف : تصویر آن با مداد در یک راستا باشند.

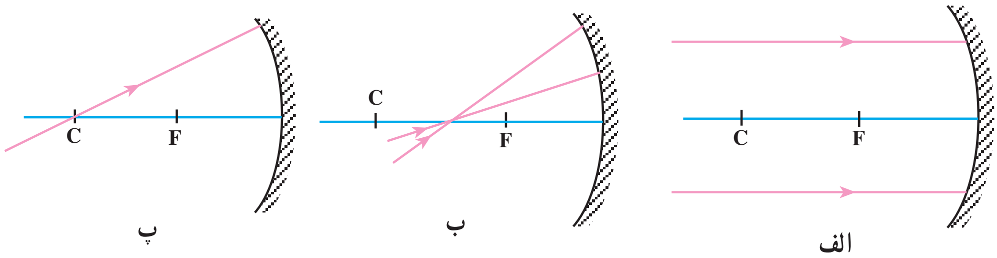
ب : تصویر آن با مداد بر هم عمود باشند.

زاویه‌ی بین راستای مداد و سطح آینه را در هر مورد اندازه بگیرید و نتیجه را به کلاس گزارش کنید.



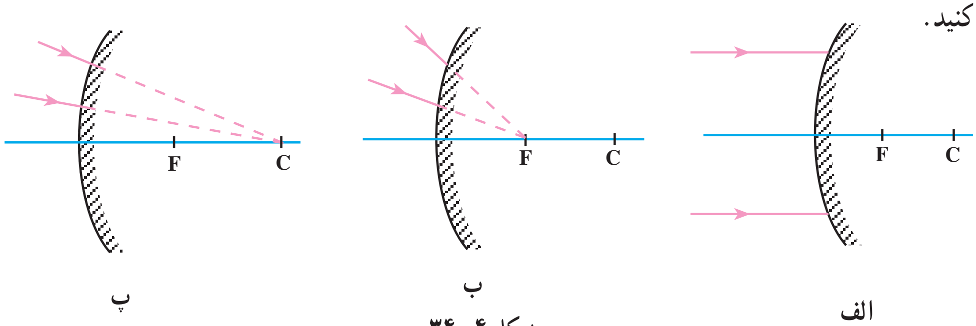
شکل ۴ــ۳۲

۳ــ در شکل‌های (۴ــ۳۳) مسیر نور را پس از تابش به آینه، با رسم، کامل کنید.



شکل ۴ــ۳۳

۴ــ در هر یک از شکل‌های (۴ــ۳۴) پرتوهای بازتاب را برای هر یک از پرتوهای تابش رسم کنید.



شکل ۴ــ۳۴

۵ــ شخصی در مقابل آینه‌ی تخت قائمی ایستاده است :

الف : اگر این شخص ۵۰cm به آینه نزدیک شود چند سانتی‌متر به تصویرش نزدیک می‌شود؟

ب : اگر این شخص در جای خود ساکن بماند و فاصله‌ی آینه از او ۱۰cm زیاد شود، تصویر او نسبت به تصویر اولیه چقدر جابه‌جا می‌شود؟

۶ــ الف : جسمی در فاصله‌ی ۱۸ سانتی‌متری آینه‌ی مقعری به شعاع ۲۴ سانتی‌متر قرار داده شده است. فاصله‌ی تصویر تا آینه و نوع تصویر را مشخص کنید.

ب : شکل را با فاصله‌های داده شده برای جسم و فاصله‌ی کانونی رسم کنید و فاصله‌ی تصویر تا آینه را با خط‌کش اندازه بگیرید و آن را با عدد به‌دست آمده از راه محاسبه مقایسه کنید.

۷ــ الف : جسمی مقابل یک آینه‌ی محدب که فاصله‌ی کانونی آن ۱۰ سانتی‌متر است قرار دارد. اگر فاصله‌ی جسم تا آینه ۲۰ سانتی‌متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا آینه را حساب کنید.

ب : اگر طول جسم ۴ سانتی‌متر باشد طول تصویر چقدر است؟

پ : شکل را با توجه به فاصله‌های داده شده رسم کنید و پس از آن با اندازه‌گیری فاصله‌ی تصویر تا آینه و اندازه‌گیری طول تصویر (با خط‌کش) آن‌ها را با عددهای به‌دست‌آمده در بند الف و ب مقایسه کنید و نتیجه را بنویسید.

۸ــ تحقیق کنید که :

الف : چرا در پیچ جاده‌ها آینه نصب می‌کنند؟

ب : این آینه از چه نوعی است؟

پ : معمولاً دندان‌پزشک‌ها برای دیدن دندان‌ها در داخل دهان از آینه‌ی کوچک دسته‌داری استفاده می‌کنند. این آینه از چه نوعی است؟ چرا؟

۹ــ در یک آینه‌ی مقعر، فاصله‌ی جسم تا آینه ۱۵cm است. اگر تصویر نسبت به جسم مستقیم

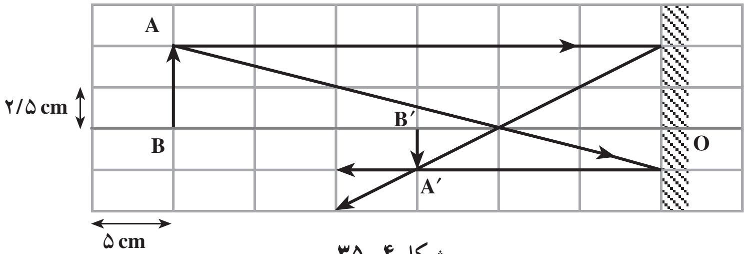
و فاصله‌ی آن تا آینه ۲۰cm باشد، فاصله‌ی کانونی و شعاع این آینه چقدر است؟

۱۰ــ با توجه به شکل ۴ــ۳۵

الف : اندازه‌ی تصویر و جسم را مشخص نمایید.

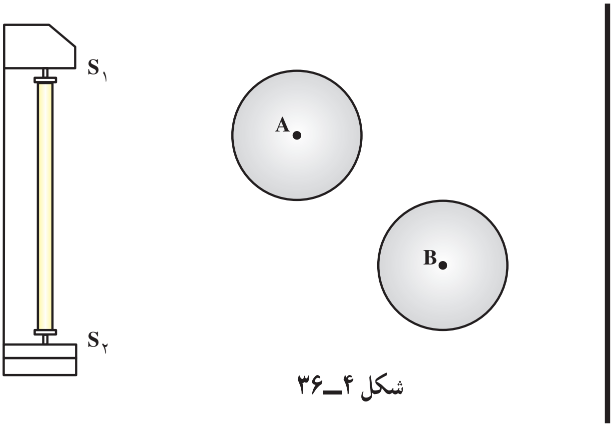
ب : نوع آینه را تعیین کنید.

پ : فاصله‌ی کانونی آینه را با توجه به فاصله‌های جسم و تصویر از آینه به‌دست آورید. و با اندازه‌ی آن بر روی شکل مقایسه نمایید.



شکل ۴ــ۳۵

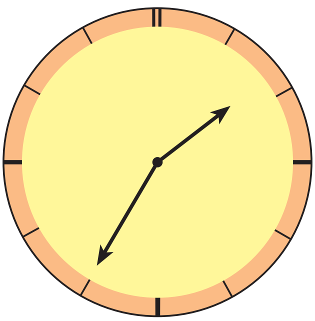
۱۱ــ توپ‌های کدر A و B را مطابق شکل ۴ــ۳۶ جلوی یک لامپ مهتابی روشن (S_1S_2) قرار داده‌ایم. با رسم پرتوهایی که از لامپ به دیوار (پرده) می‌رسند، نقاط کاملاً تاریک را مشخص نمایید.



شکل ۴ــ۳۶

۱۲ــ آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوانید، کانون آینه‌ی مقعر را مشخص کنید.

۱۳ــ تصویر صفحه‌ی ساعت در یک آینه‌ی تخت مطابق شکل ۴ــ۳۷ است. اگر به‌طور مستقیم به ساعت نگاه کنیم، ساعت .... را نشان می‌دهد.



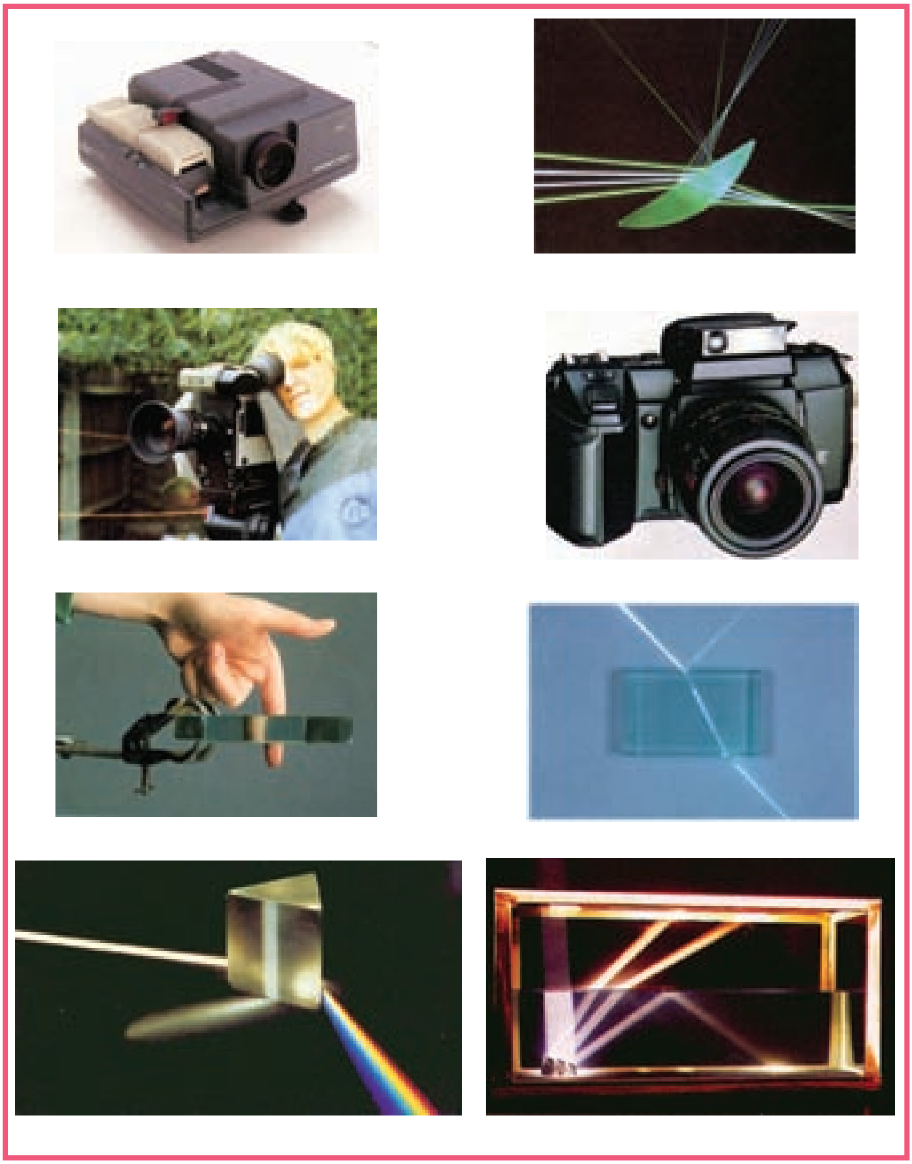
شکل ۴ــ۳۷

۵
شکست نور



آیا می‌دانید که علت تشکیل رنگین کمان چیست؟

در فصل گذشته با انتشار نور به خط راست در یک محیط شفاف و قوانین بازتابش نور آشنا شدید. در این فصل، رفتار نور را هنگام عبور از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر بررسی می‌کنیم و با استفاده از مفهوم بازتابش کلی، با نحوه‌ی کار تارهای نوری آشنا می‌شویم. سپس به بررسی عدسی‌ها و کاربرد آن‌ها در اصلاح دید چشم، میکروسکوپ و دوربین نجومی می‌پردازیم.



شکل ۵ــ۱

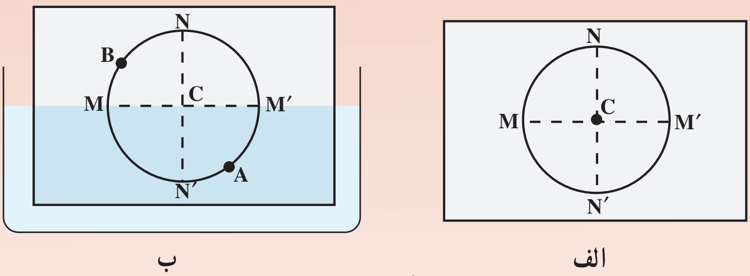
۵ــ۱ــ شکست نور

اگر از کنار استخر پر از آب به کف استخر نگاه کنید و در همان حال به تدریج از کنار استخر دور شوید، احساس می‌کنید که کف استخر دارد بالا می‌آید و عمق آب کم می‌شود ؛ مشاهده‌ی پدیده‌هایی از این قبیل به سبب پدیده‌ی **شکست نور** است.

آزمایش کنید ۱

وسیله‌های آزمایش: ورقه‌ی مقوای گلاسه یا طلق، چند عدد سنجاق، پرگار، خط‌کش، ظرف آب و نقّاله.

الف : بر روی ورقه‌ی مقوای گلاسه دایره‌ای با دو قطر عمود بر هم، مطابق شکل (۵ــ۲ــ الف) رسم کنید. سپس سنجاقی در مرکز دایره و عمود بر مقوا و سنجاق دیگری به همان ترتیب روی محیط دایره در نقطه‌ی A فرو کنید.

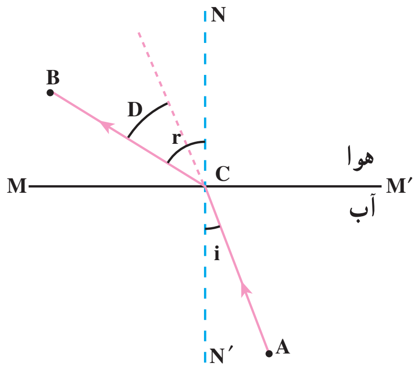


شکل ۵ــ۲

ب : مطابق شکل (۵ــ۲ــ ب) مقوای گلاسه را تا نیمه در آب فرو ببرید به‌طوری که قطر ′MM بر سطح آب مماس شود. در این حالت سنجاق دیگری را عمود بر سطح مقوا بین M و N جابه‌جا کنید تا هر سه سنجاق را در یک راستا ببینید. در این حالت سنجاق سوم را بر مقوا فرو کنید.

پ : مقوای گلاسه را از آب خارج کنید و نقطه‌های A و B و C را به هم وصل کنید. چرا سنجاق‌های A و B و C روی یک خط راست نیستند؟ در حالی که وقتی سنجاق A در درون آب قرار داشت هر سه سنجاق در یک راستا به نظر رسیدند.

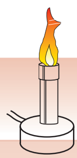
با انجام آزمایش کنید ــ۱ نتیجه می‌گیریم که نور هنگام عبور از آب به هوا، مسیر شکسته‌ی ACB را پیموده و به چشم رسیده است. این مسیر در شکل (۵ــ۳) نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل پیداست، نور در گذر از آب به هوا از خط عمود دور می‌شود.



شکل ۵ــ۳ــ مسیر نور هنگام گذر از آب به هوا

وقتی نور به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر می‌تابد، مسیرش تغییر می‌کند. به بیان دیگر، **پرتو نوری که به طور مایل به سطح جدایی دو محیط شفاف می‌تابد، هنگام گذر از سطح جدایی دو محیط، شکسته می‌شود. به این پدیده شکست نور می‌گوییم.**

در آزمایش کنید ــ ۱ پرتوهای نور از آب به هوا وارد می‌شوند. پرتو AC را **پرتو تابش** و پرتو CB را **پرتو شکست** می‌نامیم. زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط NN′ (خط عمود بر سطح جدایی دو محیط در نقطه‌ی تابش نور) را زاویه‌ی تابش (i) و زاویه‌ی بین پرتو شکست و NN′ را زاویه‌ی شکست (r) می‌نامیم.



آزمایش کنید ــ۲

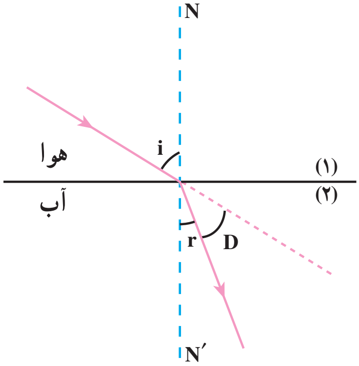
آزمایش کنید ــ ۱ را برای زاویه‌های تابش 10° و 20° و 30° و 40° تکرار کنید.

زاویه‌های شکست r در هر آزمایش نسبت به زاویه‌ی تابش i چه تغییری می‌کند؟

آزمایش نشان می‌دهد که اگر نور از آب به هوا بتابد زاویه‌ی تابش در محیط (۱) کوچک‌تر از زاویه‌ی شکست در محیط (۲) است.

در شکل (۵ــ۴) تابش نور از محیط (۱) به محیط (۲) (محیط غلیظ) نشان داده شده است. همان گونه که می‌بینید هنگام تابش نور از هوا به آب، پرتو شکست به خط عمود نزدیک می‌شود.

زاویه‌ی بین امتداد پرتو تابش و پرتو شکست را زاویه‌ی انحراف می‌نامیم و آن را با D نشان می‌دهیم. در شکل (۵ــ۳) دیده می‌شود که $D = r - i$ و در شکل (۵ــ۴)، $D = i - r$ است.



شکل ۵ــ۴ ــ مسیر گذر نور از هوا به آب

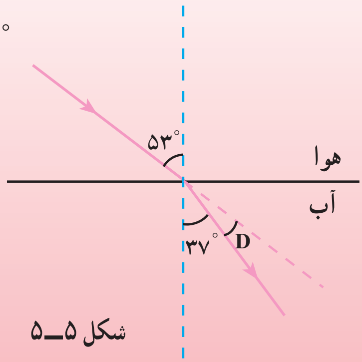
مثال ۱

شکل (۵ــ۵) پرتو نوری را نشان می‌دهد که تحت زاویه‌ی تابش ۵۳° از هوا به آب می‌تابد و زاویه‌ی شکست آن ۳۷° است.

الف: زاویه‌ی انحراف چقدر است؟ ب: با رسم پرتو تابش و شکست، زاویه‌ی انحراف را در شکل مشخص کنید.

حل

$D = i - r \Rightarrow D = ۵۳^\circ - ۳۷^\circ$ و $D = ۱۶^\circ$



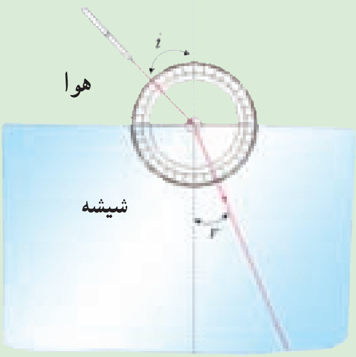
شکل ۵ــ۵

قانون‌های شکست نور

در گذشته، دانشمندان زیادی از جمله بطلمیوس، ابن‌هیثم، کپلر و... تلاش کردند تا رابطه‌ای بین زاویه‌ی تابش (i) و زاویه‌ی شکست (r) پیدا کنند. به‌عنوان مثال ابن‌هیثم دانشمند اسلامی نسبت بین زاویه‌های تابش و شکست را تا زاویه‌ی ۸۰° به‌دست آورد ولی نتوانست رابطه‌ی بین آن‌ها را کشف کند. در قرن هفدهم میلادی اسنل دانشمند هلندی و دکارت دانشمند فرانسوی، هریک به‌طور مستقل، موفق شدند رابطه‌ی بین این دو زاویه را به‌دست آورند.

تفسیر کنید

دانش‌آموزی با استفاده از یک لیزر مدادی، تیغه‌ی شیشه‌ای و نقاله، آزمایشی را انجام داده است یعنی باریکه‌ی نور را تحت زاویه‌های تابش مختلف به تیغه تابانده و زاویه‌های شکست مربوط به هریک را توسط نقاله اندازه‌گیری کرده است و جدول ۵ــ۱ را در حین آزمایش کامل کرده است. شکل ۵ــ۶ چگونگی انجام آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۵ــ۶

جدول ۵ــ۱

شماره‌ی آزمایش	زاویه‌ی تابش i	زاویه‌ی شکست r	sin i	sin r	i / r	sin i / sin r
۱	۱۵°	۱۰°	۰/۲۶	۰/۱۷	۱/۵۰	۱/۵۳
۲	۲۰°	۱۳°	۰/۳۴	۰/۲۲	۱/۵۴	۱/۵۲
۳	۳۰°	۲۱°	۰/۵۱	۰/۳۴	۱/۴۲	۱/۵۰
۴	۴۰°	۲۵°	۰/۶۴	۰/۴۲	۱/۶۰	۱/۵۲
۵	۴۵°	۲۸°	۰/۷۱	۰/۴۷	۱/۶۰	۱/۵۱
۶	۵۰°	۳۰°	۰/۷۷	۰/۵۰	۱/۶۷	۱/۵۳
۷	۶۰°	۳۵°	۰/۸۷	۰/۵۷	۱/۷۱	۱/۵۳
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

با توجه به جدول ۵ــ۱ و مشورت با اعضای گروه خود توضیح دهید :

الف : آیا زاویه‌ی شکست در هر مورد کوچک‌تر از زاویه‌ی تابش است؟ (زاویه‌ی شکست و تابش را با هم مقایسه کنید)

ب : اعداد مربوط به کدام ستون تقریباً در تمام آزمایش‌ها ثابت است؟ این عدد تقریباً چقدر است؟

شما نیز می‌توانید با استفاده از نتایج آزمایش کنید ــ ۱ و تفسیر کنیدِ صفحه‌ی قبل قانون‌های شکست نور را که به‌صورت زیر بیان می‌شوند، نتیجه بگیرید.

۱ــ پرتو تابش، خط عمود بر سطح جداکننده‌ی دو محیط، در نقطه‌ی تابش و پرتو شکست در یک صفحه واقع‌اند.

۲ــ نسبت سینوس زاویه‌ی تابش به سینوس زاویه‌ی شکست، برای پرتوهایی که از یک محیط شفاف (محیط A) وارد محیط شفاف دیگری (محیط B) می‌شوند مقداری ثابت است. این مقدار را ضریب شکست محیط B نسبت به محیط A می‌گویند و آن را با n نشان می‌دهند. ضریب شکست n بستگی به جنس دو محیطی دارد که نور از یکی وارد دیگری می‌شود.

ضریب شکست یک محیط نسبت به خلأ (یا به‌طور تقریبی هوا) را **ضریب شکست مطلق** آن محیط گویند ؛ یعنی :

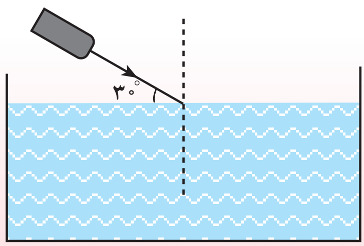
$$n = \frac{\sin i \ (\text{در هوا})}{\sin r \ (\text{در محیط شفاف})} \quad \text{ضریب شکست مطلق یک محیط شفاف} \qquad (۵ــ۱)$$

مثال ۲

باریکه‌ی نوری همانند شکل (۵ــ۷) تحت زاویه‌ی ۳۰° به سطح آب می‌تابانیم. این پرتو تحت چه زاویه‌ای وارد ظرف آب می‌شود؟ ضریب شکست آب را ۱/۳۳ فرض کنید.

حل

با توجه به شکل :



شکل ۵ــ۷

$i = ۶۰^\circ$

با استفاده از قانون شکست نور :

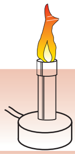
$$\frac{\sin i}{\sin r} = n \longrightarrow \frac{\sin ۶۰^\circ}{\sin r} = ۱/۳۳$$

$$\sin r = \frac{\sin ۶۰^\circ}{n} \simeq ۰/۶۵$$

$$r = ۴۰/۵^\circ$$

فعالیت ۱

اگر نور از یک محیط شفاف با ضریب شکست n_1 وارد محیط شفاف دیگر با ضریب شکست n_2 شود، به‌گونه‌ای که $n_1 > n_2$، رابطه‌ی (۵ــ۱) چگونه نوشته می‌شود؟

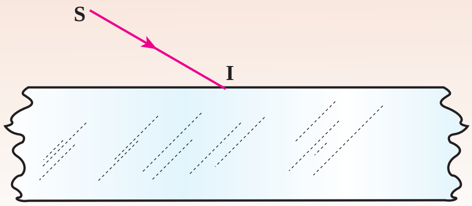


آزمایش کنید ــ ۳

وسیله‌های آزمایش: یک قطعه شیشه‌ی ضخیم، وسیلـه‌ی تولید باریکه‌ی نور، یک تکه مقوا و خط‌کش.

۱ــ مطابق شکل (۵ــ۸) قطعه شیشه‌ی ضخیم را روی مقوا قرار دهید و باریکه‌ی نور را طوری به قطعه شیشه بتابانید که مسیر نور بر سطح مقوا دیده شود. مسیر پرتو تابش SI را برای ورود به این محیط شفاف و پس از خارج شدن از آن رسم کنید.

۲ــ پرتو تابش ورودی به شیشه و پرتو خروجی از شیشه نسبت به هم چگونه‌اند؟



شکل ۵ــ۸

ابن هیثم



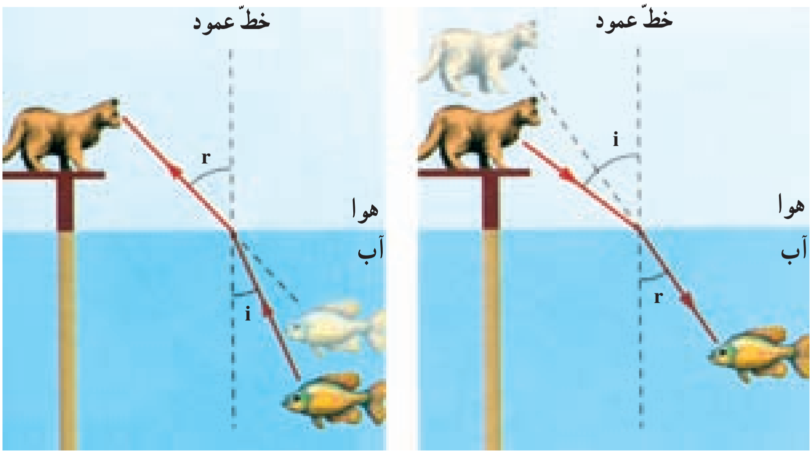
ابوعلی حسن‌بن حسن بصری معروف به ابن هیثم، ریاضی‌دان، فیزیک‌دان، منجم و از دانشمندان سرشناسی بود که در سال ۳۴۳ هجری شمسی (۳۵۴ هجری قمری) در بصره متولد شد و در سال ۴۱۸ هجری شمسی (۴۳۰ هجری قمری) درگذشت. او با این‌که از آثار گذشتگان

خود از جمله اقلیدس، بطلمیوس، ارسطو و آپولونتیوس استفاده کرده است، اما بنیان نور شناخت را دگرگون کرد و آن را به‌صورت علم منظم و مشخصی درآورد. او مانند اقلیدس هم فیزیک‌دان نظری و هم تجربی بود و به منظور تشخیص حرکت مستقیم‌الخط نور، یافتن خصوصیات سایه، موارد استفاده از عدسی‌ها و ویژگی‌های اتاق تاریک آزمایش‌هایی انجام داد. او برای نخستین بار در مورد بسیاری نمودهای نور شناختی اساسی به تحلیل ریاضی پرداخت. در مبحث شکست نور، وی ثابت کرد که زاویه‌ی شکست متناسب با زاویه‌ی تابش نیست و به تحقیق در مورد شکست نور در عدسی‌ها و در جو پرداخت. هم‌چنین سهم عمده‌ی او در بحث بازتاب نور که یونانیان پیش از آن به اکتشاف‌های مهمی دست یافته بودند، پژوهش در آینه‌های سهموی (شلجمی) و کروی بود و حتی چرخ‌تراشی داشت که با آن عدسی‌ها و آینه‌های خمیده را برای آزمایش‌های خود تهیه می‌کرد. او از این آزمایش‌ها دریافت که در آینه‌ی سهموی همه‌ی شعاع‌ها در یک نقطه متمرکز می‌شود و از این رو بهترین آینه‌های سوزاننده همین آینه‌های سهموی هستند.

۵ــ۲ــ عمق ظاهری و واقعی

شکل (۵ــ۹) مکان واقعی و ظاهری یک ماهی را در یک آکواریوم نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینید، گربه، ماهی را بالاتر از مکان واقعی خود می‌بیند و ماهی نیز گربه را دورتر از مکان واقعی خود مشاهده می‌کند.

شما نیز احتمالاً تجربه کرده‌اید هنگامی که از هوا به جسمی در داخل آب نگاه می‌کنیم آن جسم به سطح آب نزدیک‌تر و وقتی که از داخل آب به جسمی در هوا نگاه می‌کنیم، دورتر به‌نظر می‌رسد.



شکل ۵ــ۹

فعالیت ۲

با رسم حداقل دو پرتو از یک نقطه نشان دهید که چرا گربه، ماهی را نزدیک‌تر و ماهی، گربه را دورتر از سطح آب می‌بینند؟

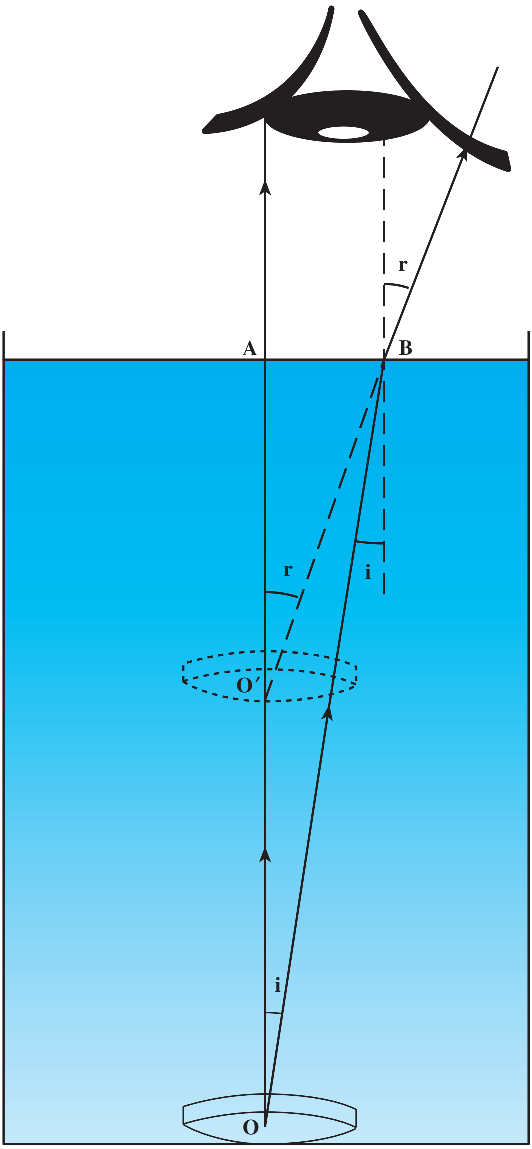
وقتی نور به‌طور مایل از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر می‌شود، در مرز مشترک دو محیط، تغییر مسیر می‌دهد (شکسته می‌شود) و همین عامل سبب بالاتر دیده شدن ماهی توسط گربه و همچنین دورتر دیده شدن گربه توسط ماهی می‌گردد.

در شکل (۵ــ۱۰) مکان سکّه‌ای در ته یک لیوان پر از آب نشان داده شده است. دو پرتوی را که از نقطه‌ی O به سطح آب برخورد می‌کنند درنظر می‌گیریم:

پرتو قائم OA بدون شکست وارد هوا می‌شود امّا پرتو OB در مرز مشترک دو محیط شکسته شده و از خط عمود دور می‌شود. $(r > i)$

با استفاده از قانون‌های شکست نور و زاویه‌های تابش و شکست i و r می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{۱}{n}$$



شکل ۵ــ۱۰

با توجه به شکل، زاویه‌ی AOB برابر با زاویه‌ی تابش i و زاویه‌ی $AO'B$ برابر با زاویه‌ی شکست r است. در مثلث‌های قائم‌الزاویه‌ی $AO'B$ و AOB با توجه به تعریف سینوس یک زاویه می‌توانیم بنویسیم :

$$\sin i = \frac{AB}{OB} \quad و \quad \sin r = \frac{AB}{O'B}$$

در نتیجه داریم

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{O'B}{OB}$$

اگر زاویه‌ی تابش و شکست r به اندازه‌ی کافی کوچک باشند، یعنی بتوان تقریباً به سکه به‌طور عمودی نگاه کرد، $O'B \simeq O'A$ و $OB \simeq OA$ است ؛ بنابراین خواهیم داشت :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{O'A}{OA}$$

با توجه به رابطه‌ی (۵ــ۱) : و

$$\frac{O'A}{OA} = \frac{۱}{n}$$

$$O'A = \frac{OA}{n}$$

یعنی :

$$\text{عمق ظاهری} = \frac{\text{عمق واقعی}}{\text{ضریب شکست محیط شفاف}} \qquad (۵ــ۲)$$

مثال ۳

عمق ظاهری یک استخر ۱/۵ m است. اگر ضریب شکست آب برابر ۱/۳ باشد، عمق واقعی استخر را محاسبه کنید.

حل

$$O'A = \frac{OA}{n}$$

$$۱/۵ = \frac{OA}{۱/۳}$$

عمق واقعی استخر $OA \simeq ۲m$

فعالیت ۳

رابطه‌ی (۵ـ۲) را برای حالتی که ناظر در محیط شفاف (۱) با ضریب شکست n_1 به جسمی در محیط شفاف (۲) با ضریب شکست n_2 می‌نگرد، بنویسید.

فعالیت ۴

با مشورت و مشارکت اعضای گروه خود،آزمایشی طراحی کنید که توسط آن بتوان عمق ظاهری یک سکّه را در ته یک لیوان پر از آب اندازه‌گیری کرد.

۵ـ۳ـ رابطه‌ی شکست نور با تغییر سرعت نور در دو محیط

سرعت انتشار نور در خلأ، بیشتر از سرعت انتشار نور در هر محیط شفاف دیگر است. سرعت انتشار نور در خلأ تقریباً ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است ؛ یعنی نور در خلأ فاصله‌ی ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر را در مدت یک ثانیه می‌پیماید. سرعت نور در هوا نیز تقریباً همین مقدار است. در محیط‌های شفاف مثل آب، شیشه و ... سرعت نور کمتر از سرعت نور در هوا است.

جدول ۵ـ۲

	سرعت نور km/s	ضریب شکست
یخ	۲۲۹,۱۸۲	۱/۳۰۹
بنزن	......	۱/۵۰۱
کربن دی‌سولفات	۱۸۴,۲۷۵	۱/۶۲۸
پلی‌استیرن	۲۰۱,۳۴۲	......
سدیم کلراید	۱۹۴,۳۰۰	۱/۵۴۴
گلیسرین	......	۱/۴۷۳
هوا	۳۰۰,۰۰۰	۱
آب	۲۲۵,۰۰۰	......
شیشه	......	۱/۵۲۰
الماس	۱۲۵,۰۰۰	......

علّت شکست نور هنگامی که به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر گذر می‌کند، همین تفاوت سرعت نور در دو محیط است.

نسبت سرعت نور در هوا به سرعت نور در یک محیط شفاف همان ضریب شکست است:

$$\text{ضریب شکست مادّه‌ی شفاف} = \frac{\text{سرعت نور در هوا}}{\text{سرعت نور در مادّه‌ی شفاف}}$$

اگر سرعت نور در هوا c و سرعت نور در مادّه‌ی شفاف v باشد داریم :

$$n = \frac{c}{v} \qquad (۳_۵)$$

هر قدر ضریب شکست مادّه‌ی شفاف بیشتر باشد سرعت نور در آن محیط کمتر است، درنتیجه نور بیشتر شکسته می‌شود و زاویه‌ی انحراف بیشتر می‌شود.

مثال ۴

با استفاده از جدول (۵ــ۲) ضریب شکست آب را حساب کنید.

حل: با توجه به جدول داریم :

$c = ۳۰۰۰۰۰ km/s$ و $v = ۲۲۵۰۰۰ km/s$ و $n = ?$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{۳۰۰۰۰۰}{۲۲۵۰۰۰} = \frac{۳۰۰}{۲۲۵}$$

ضریب شکست آب $n = \frac{۴}{۳}$

تمرین ۱

با توجه به رابطه‌ی سرعت نور در یک محیط شفاف و ضریب شکست آن، مکان‌های خالی جدول (۵ــ۲) را کامل کنید.

پاسخ دهید ۱

با استفاده از جدول (۵ــ۲) :

الف : ضریب شکست شیشه و آب را با هم مقایسه کنید.

ب : نور یک بار با زاویه‌ی تابش (i) از هوا به آب و بار دیگر با همین زاویه‌ی تابش به شیشه می‌تابد. در کدام مورد زاویه‌ی انحراف بزرگ‌تر است و پرتو شکست به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود؟ چرا؟

مثال ۵

دو محیط را با ضریب شکست‌های n_1 و n_2 درنظر بگیرید. اگر نسبت سرعت نور در محیط اول به محیط دوم برابر $\frac{5}{4}$ باشد، نسبت ضریب شکست محیط اول به محیط دوم را حساب کنید.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{5}{4} \quad \text{و} \quad \frac{n_1}{n_2} = ?$$

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad \text{و} \quad n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{v_1}}{\frac{c}{v_2}}$$

با حذف c خواهیم داشت :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

بنابراین :

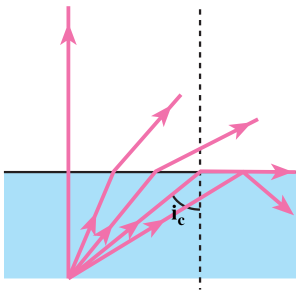
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{4}{5}$$

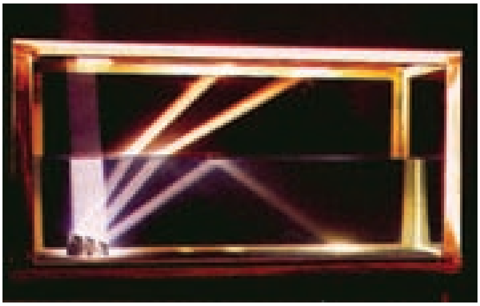
فعالیت ۵

الف : جدول (۵ــ۲) را برحسب افزایش سرعت بازنویسی نمایید.
ب : با افزایش سرعت، ضریب شکست چگونه تغییر می‌کند؟

۵ــ۴ــ زاویه‌ی حد

دیدیم که اگر نور از محیطی با ضریب شکست بیشتر (غلیظ) وارد محیطی با ضریب شکست کمتر (رقیق) شود (برای مثال از درون آب به هوا) پرتو شکست از خط عمود دور می‌شود و زاویه‌ی شکست از زاویه‌ی تابش بزرگ‌تر خواهد شد. در این صورت هرچه زاویه‌ی تابش زیاد شود زاویه‌ی شکست هم زیاد می‌شود. حال اگر زاویه‌ی شکست به 90° برسد (یعنی پرتو شکست بر سطح جدایی دو محیط مماس شود) زاویه‌ی تابش به مقداری رسیده است که به آن **زاویه‌ی حد** می‌گوییم. در شکل (۵ــ۱۱) زاویه‌ی حد نشان داده شده است.





شکل ۵ــ۱۱

فعالیت ۶

به کمک یک لیزر مدادی یا باریکه‌ی نور، ظرف شفاف مکعب‌مستطیل شکل، مایع شفاف، پودر گچ یا پودر مواد معلق در آب و نقاله، زاویه‌ی حد مایع درون مکعب مستطیل را برآورد کنید.

با استفاده از قانون شکست نور می‌توان زاویه‌ی حد هر محیطی را که ضریب شکست آن بزرگ‌تر از ضریب شکست محیطی است که با آن مرز مشترک دارد تعیین نمود، درصورتی که محیط دوّم هوا باشد، با استفاده از رابطه‌ی(۵ــ۲) می‌توان نوشت :

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{۱}{n} \quad \text{و} \quad r = ۹۰^\circ$$

$$\frac{\sin i}{\sin ۹۰^\circ} = \frac{۱}{n}$$

$$\sin i = \frac{۱}{n} \qquad (۵ــ۴ــ \text{الف})$$

اگر زاویه‌ی حد را با i_c نشان دهیم رابطه‌ی (۵ــ۳ــ الف) به‌صورت زیر نوشته می‌شود :

$$\sin i_c = \frac{۱}{n} \qquad (۵ــ۴ــ \text{ب})$$

مثال ۶

ضریب شکست پلی‌استیرن تقریباً ۱/۶۰ است، زاویه‌ی حد را برای پرتوهای نوری که از این ماده وارد هوا می‌شوند به‌دست آورید.

حل

$$n = ۱/۶۰$$

$$\sin i_c = \frac{۱}{n} = \frac{۱}{۱/۶} = ۰/۶۲۵$$

$$i_c \simeq ۳۹^\circ$$

فعالیت ۷

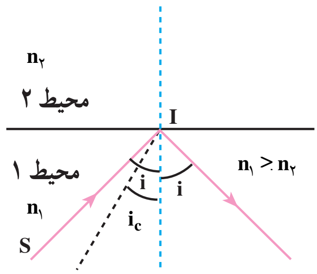
اگر نوری از یک محیط شفاف با ضریب شکست $n_۱$ وارد محیط شفاف دیگر با ضریب شکست $n_۲$ شود به‌گونه‌ای که $n_۱ > n_۲$ ، رابطه‌ی (۵ــ۴ــ ب) چگونه نوشته می‌شود؟

فعالیت ۸

به جدولی که در فعالیت ۵ تهیه کرده‌اید یک ستون دیگر اضافه کنید و زاویه‌ی حد مربوط به هر مادّه‌ی شفاف را، وقتی پرتو نور از آن ماده وارد هوا می‌شود، بنویسید.

۵ــ ۵ ــ بازتاب کلّی

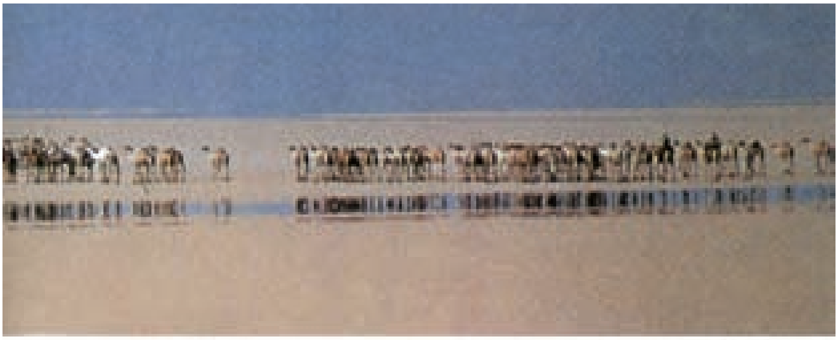
هرگاه زاویه‌ی تابش در محیطی با ضریب شکست بیشتر، از زاویه‌ی حد در آن محیط بیش‌تر شود $(i > i_c)$ پرتو تابش از آن محیط خارج نمی‌شود و سطح جدایی دو محیط، نظیر یک آینه‌ی تخت، پرتو نور را به درون محیط اول باز می‌تاباند. این پدیده را **بازتاب کلّی** می‌نامند. شکل (۵ ــ ۱۲) بازتاب کلّی را در یک محیط نشان می‌دهد.

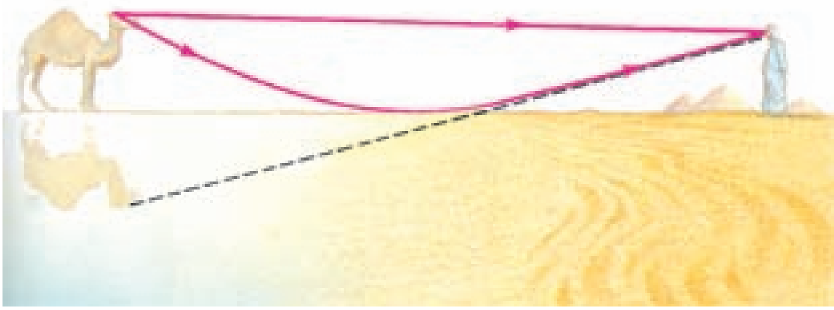


شکل ۵ــ۱۲ــ پرتو SI با زاویه‌ی تابش بیش از زاویه‌ی حد به مرز مشترک دو محیط تابیده است، در نتیجه بازتاب کلّی رخ داده است.

سراب

پدیده‌ی سراب معمولاً در بیابان‌ها و جادّه‌ها در روزهای گرم مشاهده می‌شود شکل (۵ــ۱۳). هرچه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم دمای لایه‌های هوا بیشتر و در نتیجه رقیق‌تر و ضریب شکست آن کم‌تر می‌شود. پرتوهای نور که از یک شئ دور، مثلاً یک درخت، به طور مایل به سطح زمین می‌تابند، در اثر عبور از لایه‌های با ضریب شکست بیش‌تر به لایه‌های با ضریب شکست کم‌تر به‌تدریج به طرف بالا شکست می‌یابند تا این که در لایه‌های نزدیک به سطح زمین زاویه‌ی تابش آن‌ها از زاویه‌ی حد این لایه‌ها بزرگ‌تر شده و بازتاب کلّی صورت می‌گیرد. پرتوهای بازتابیده پس از شکست‌های متوالی (از لایه‌های بالا به پایین) به چشم ما می‌رسند؛ در این صورت لایه‌های نزدیک به سطح زمین که نور را باز می‌تابانند مانند سطح آب به نظر می‌رسند.





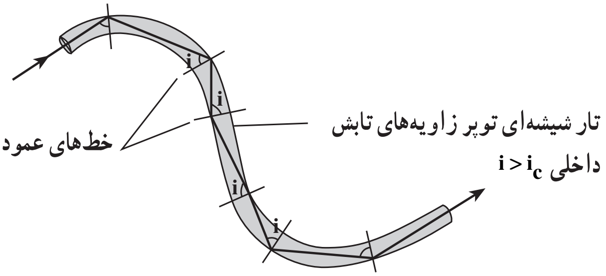
شکل ۵ــ۱۳ــ سراب و علت به‌وجودآمدن آن

فناوری و کاربرد

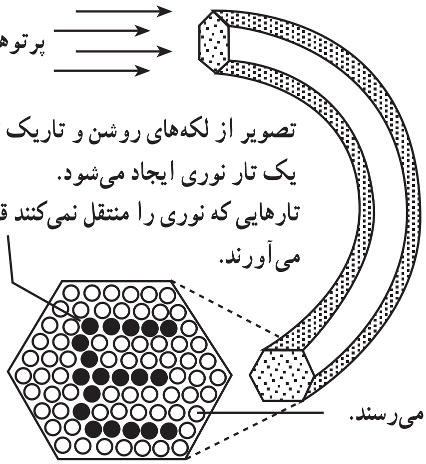
تار نوری

تار نوری رشته‌ای شیشه‌ای است که ضخامت آن، بسته به نوع تار،اغلب از مرتبه‌ی $۱۰^{-۳}$ تا ۱ میلی‌متر متغیّر است. نور می‌تواند درون تار نوری جلو رود حتی اگر تارخمیده شده باشد. هنگامی که پرتو نوری از درون تار به سطح آن بتابد، اگر زاویه‌ی تابش بزرگ‌تر از زاویه‌ی حد باشد، بازتاب کلی نور روی می‌دهد و نور نمی‌تواند از تار خارج شود، چنان که گویی سطح درونی تار نقره‌اندود است، در حالی که واقعاً چنین نیست. تار شیشه‌ای توپر، از درون، یک سطح بازتابنده‌ی کامل دارد.

تارهای نوری کاربردهای زیادی دارند. برای مثال می‌توان از مورد استفاده‌ی آن‌ها در آندوسکوپی نام برد که برای دیدن داخل بدن به‌کار می‌رود (شکل ۵ــ۱۴). در این ابزار، نور را از یک دسته‌ی باریک از تارهای شیشه‌ای بسیار ظریف و قابل انعطاف عبور می‌دهند و به نقطه‌ی مورد نظر درون بدن می‌تابانند و تصویر حاصل را از طریق دسته‌ی دیگری از تارها برمی‌گردانند. این دسته‌ی دوم



الف ــ یک تار نوری که در آن پرتو نور چند بار بازتاب داخلی پیدا کرده است.



ب ــ دسته‌ای از تارهای شیشه‌ای که برای انتقال تصویر استفاده می شود.

شکل ۵ــ۱۴

تصویرساز ممکن است هزاران تار نوری با ضخامتی در حدود ۰/۰۱ میلی‌متر داشته باشد که در وضعیت‌های ثابت چنان مرتب شده‌اند که تصویر درهم نمی‌شود، لذا هر تار نوری یک لکه از تصویر را ایجاد می کند.





شکل ۵ــ۱۵

مهم‌ترین کاربرد تارهای نوری در صنعت مخابرات است. کابل‌های تار نوری، در مقایسه با کابل‌های سیم مسی نه‌تنها می‌توانند داده‌های بیشتری را و با کیفیت بهتر منتقل کنند، بلکه بسیار باریک‌تر و سبک‌تر نیز هستند و با توجه به این‌که جنس آن‌ها از شیشه است ارزان‌تر نیز تهیه می‌شوند، در حالی که کابل‌های مسی روز به روز گران‌تر می‌شوند.

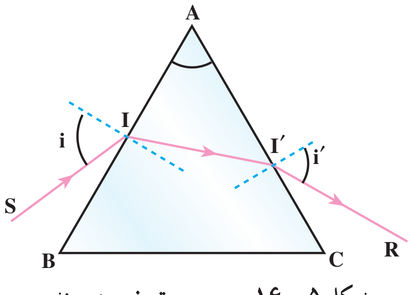
فعالیت ۹

با مشارکت افراد گروه خود و با استفاده از یک قطعه شیلنگ شفاف محتوی آب و لیزر مدادی، باریکه‌ی نور تشکیل شده را به گونه‌ای به یک طرف شیلنگ بتابانید تا از طرف دیگر آن خارج شود.

۵ــ۶ــ مسیر نور در منشور

در شکل (۵ــ۱۶) مقطع یک منشور شیشه‌ای نشان داده شده است. پرتو SI که به یک وجه منشور تابیده پس از شکست در نقطه‌ی I وارد منشور شده و با شکست مجدد از وجه دیگر خارج شده است.

زاویه‌ی A را زاویه‌ی رأس منشور می‌نامند. قرار گرفتن منشور در مسیر نور سبب شده است که نور با انحراف نسبت به امتداد اولیه از منشور خارج شود.



شکل ۵ــ ۱۶ــ مسیر پرتو نور در منشور

فعالیت ۱۰

با رسم مسیر پرتو نور در منشور زاویه‌ی انحراف را نشان دهید.

پاشیدگی نور در عبور از منشور

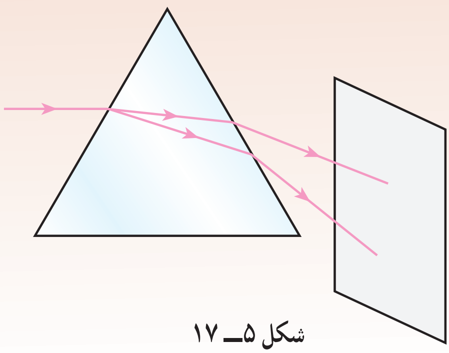
آزمایش کنید ـ ۴

وسیله‌های آزمایش: وسیله‌ی تولید باریکه‌ی نور، منشور، یک ورق کاغذ سفید.

در یک اتاق نسبتاً تاریک، باریکه‌ی نوری را به یک وجه منشور بتابانید. (از آویز بلوری چلچراغ‌ها می‌توانید به‌جای منشور استفاده کنید). در طرف دیگر منشور، ورق کاغذ سفید را در مسیر پرتوهای خروجی قرار دهید. اگر آزمایش را با دقت انجام دهید روی سطح کاغذ نورهای رنگینی را مشاهده خواهید کرد. در شکل (۵ــ۱۷) ترتیب انجام آزمایش نشان داده شده است.

الف : نام این رنگ‌ها را به ترتیب بنویسید.

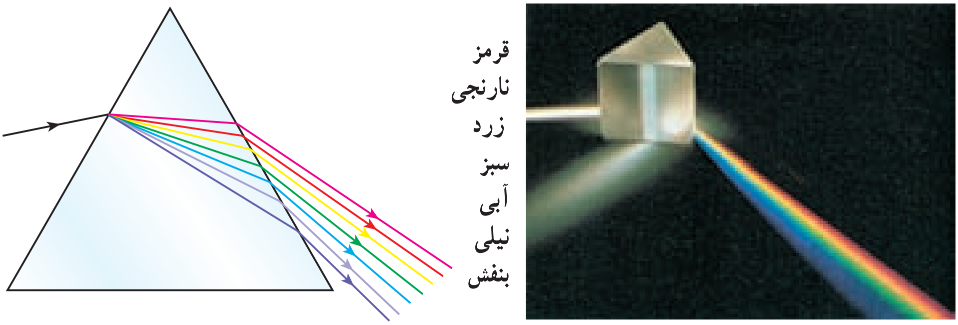
ب : از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید.



شکل ۵ــ ۱۷

نخستین بار نیوتون با عبور دادن نور خورشید از منشور و مشاهده‌ی رنگ‌های مختلف نور، نشان داد که نور سفید ترکیبی از نورهایی با رنگ‌های مختلف است. تجزیه‌ی نور به رنگ‌های متفاوت را به وسیله‌ی منشور، پاشیدگی نور می‌نامیم. علت پاشیدگی نور به وسیله‌ی منشور این است که ضریب شکست منشور برای نورهای با رنگ‌های مختلف، متفاوت است. به عنوان مثال ضریب شکست منشور برای نور قرمز، کمتر از ضریب شکست منشور برای نور سبز یا آبی یا بنفش است. به همین سبب زاویه‌ی شکست و همین طور زاویه‌ی انحراف این نورها نیز، هنگام تابش به منشور، یکسان نیست. در نتیجه نورهایی با رنگ‌های متفاوت از منشور خارج می‌شوند در شکل (۵ــ ۱۸)

پاشیدگی نور سفید و رنگ‌های حاصل از آن نشان داده شده است. رنگین‌کمان و یا نورهای رنگی درخشانی که در چلچراغ‌های بلوری مشاهده می‌شود، در رنگین‌کمان به سبب پاشیدگی نور به وسیله‌ی قطره‌های باران، و در چلچراغ‌ها درنتیجه‌ی عبور نور از منشورهای بلورین چلچراغ است.



شکل ۵ــ۱۸ــ پاشیدگی نور سفید در عبور از منشور

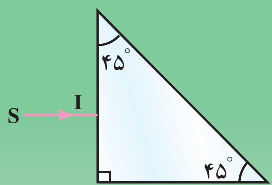
نورهای رنگی حاصل از پاشیدگی نور، در عبور از منشور را **طیف** آن نور می‌نامند.

فعالیت ۱۱

۱ــ در شکل (۵ــ۱۹) مقطع منشور قائم‌الزاویه‌ی متساوی‌الساقینی نشان داده شده است. زاویه‌ی حد این منشور °۴۲ است. پرتو نور تک‌رنگی (نوری که به وسیله‌ی منشور پاشیده نمی‌شود) عمود بر یک وجه آن تابیده است.

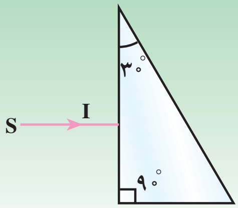
الف : مسیر این پرتو را تا رسیدن به وجه مقابل منشور رسم کنید.

ب : زاویه‌ی تابش در داخل منشور چقدر است؟ این زاویه را با زاویه‌ی حدّ منشور مقایسه کنید و مسیر پرتو نور را کامل کنید.



شکل ۵ــ۱۹

۲ــ در شکل (۵ــ۲۰) زاویه‌ی حدّ منشور °۴۲ است مسیر پرتو تک‌رنگ SI را کامل کنید.



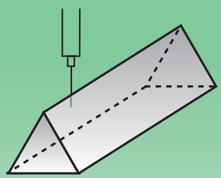
شکل ۵ــ۲۰

فعالیت ۱۲

با مشارکت افراد گروه خود، با وسایل زیر منشور بسازید.

وسایل لازم: سه قطعه شیشه‌ی مسطح مستطیل شکل به ابعاد ۳cm×۱۰cm ، دو قطعه شیشه به شکل مثلث متساوی‌الاضلاع با ضلع ۳cm ، چسب، سرنگ، آب.

۱ــ مطابق شکل شیشه‌ها را به یک‌دیگر بچسبانید؛ سعی کنید سطح شیشه، به چسب آلوده نشود.



شکل ۵ ــ ۲۱

۲ــ سوزن سرنگ را در محل دلخواه وارد منشور کنید.

۳ــ وقتی چسب خشک شد به کمک سرنگ، منشور را از آب تمیز پر کنید.

۴ــ یک روز صبر کنید تا حباب‌های آب جدا شوند آن‌گاه منشور را کاملاً پر کنید.

۵ــ سوزن را از منشور خارج کنید و در محل سوراخ شده چسب بزنید. پس از خشک شدن، منشور شما می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

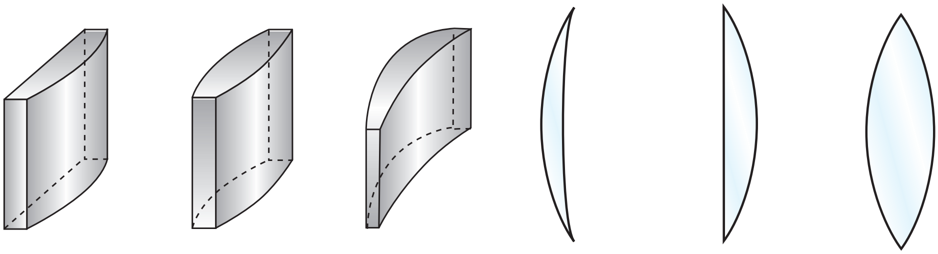
۶ــ با این منشور آزمایش طیف نور و بازتابش کلی را انجام دهید.

عدسی‌ها

۵ــ۷ــ عدسی‌ها

آیا تاکنون از ذره‌بین استفاده کرده‌اید؟ می‌دانید که از پشت ذره‌بین نوشته‌های ریز، درشت‌تر به نظر می‌رسند. برای مثال، تصویرهای کوچکی مثل تمبرها را که جزئیات آن‌ها به خوبی دیده نمی‌شود، با ذره‌بین می‌توان به خوبی مشاهده کرد. به طور معمول افراد مسن برای مطالعه‌ی روزنامه یا کتاب از عینک، که می تواند نوعی ذره‌بین باشد، استفاده می‌کنند. بعضی از همکلاسی‌های شما نیز که فاصله‌های نسبتاً دور یا نسبتاً نزدیک را خوب نمی‌بینند از عینک استفاده می‌کنند. آیا تاکنون با میکروسکوپ کار کرده‌اید؟ با میکروسکوپ، موجودات بسیار کوچک را که نه‌تنها چشم، بلکه ذره‌بین نیز قادر به دیدن آن‌ها نیست می‌توان مشاهده کرد. در تمام موردهایی که به آن‌ها اشاره شد از عدسی استفاده می‌شود. عدسی‌ها از ماده‌های شفاف ساخته می‌شوند و به دو نوع تقسیم می‌گردند: همگرا و واگرا.

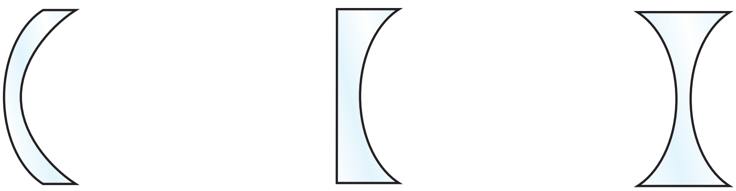
۱ــ عدسی‌های همگرا: در عدسی همگرا، پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، به‌هم نزدیک می‌شوند (یعنی همگرا می‌شوند). در عدسی‌های همگرا، لبه‌ها نازک‌تر از وسط آن است و به‌طور معمول برای کاربردهای متفاوت به شکل‌های دو کوژ، کوژ تخت و هلالی همگرا ساخته می‌شوند. در شکل (۵ــ۲۲) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند. همه‌ی این نوع عدسی‌ها، عدسی همگرا نامیده می‌شوند.



الف ــ دو کوژ ب ــ کوژ تخت پ ــ هلالی همگرا

شکل ۵ ــ ۲۲

۲ــ عدسی‌های واگرا: در عدسی‌های واگرا پرتوهای تابش، پس از شکست و گذر از عدسی، از هم دور می‌شوند (یعنی واگرا می‌شوند). لبه‌ی این عدسی‌ها پهن‌تر از وسط آن است و به شکل‌های دو کاو، کاو تخت و هلالی واگرا ساخته می‌شوند. در شکل (۵ــ۲۳) این عدسی‌ها نشان داده شده‌اند.



الف ــ دو کاو ب ــ کاو تخت پ ــ هلالی واگرا

شکل ۵ــ۲۳

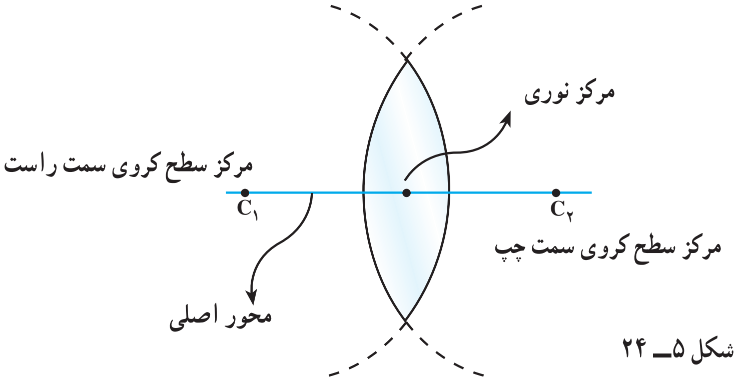
در ادامه‌ی این بخش به بررسی و عملکرد عدسی‌های نازک کروی می‌پردازیم.

فعالیت ۱۳

عدسی‌های دو کوژ و دو کاو را به‌صورت مجموعه‌ای از منشورها رسم کنید.

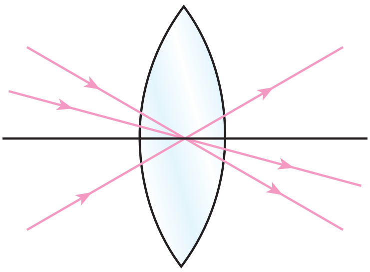
۵ــ ۸ ــ ویژگی‌های عدسی‌های همگرا

الف ــ محور اصلی، مرکز نوری: خطی که از مرکزهای دو سطح کروی، در یک عدسی می‌گذرد و یا از مرکز سطح خمیده گذشته و به سطح تخت عمود شود، **محور اصلی** نامیده می‌شود. نقطه‌ی میانی عدسی را که روی محور اصلی قرار دارد **مرکز نوری** عدسی می‌نامند. در شکل (۵ــ۲۴) محور اصلی و **مرکز نوری** عدسی نشان داده شده است.



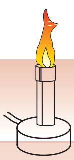
شکل ۵ــ ۲۴

آزمایش نشان می‌دهد که اگر پرتویی به مرکز نوری یک عدسی بتابد بدون انحراف، از عدسی خارج می‌شود. در شکل (۵ــ۲۵) چنین پرتوهایی که به یک عدسی همگرا تابیده‌اند نشان داده شده است.



شکل ۵ــ۲۵ــ پرتوهایی که به مرکز نوری عدسی بتابند بدون انحراف از عدسی خارج می‌شوند.

ب ــ کانون عدسی‌های همگرا



آزمایش کنید ــ۵

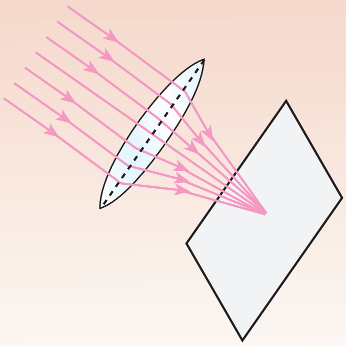
وسیله‌های آزمایش: عدسی همگرا، یک صفحه‌ی کاغذ.

۱ــ عدسی همگرا را مطابق شکل (۵ــ۲۶) مقابل خورشید بگیرید و صفحه‌ی

کاغذ را در جلوی عدسی طوری جابه‌جا کنید که نقطه‌ی نورانی روی آن تشکیل شود. این نقطه را کانون عدسی می‌نامیم. فاصله‌ی کانون تا مرکز نوری عدسی را نیز فاصله‌ی **کانونی عدسی** می‌نامیم و آن را با f نشان می‌دهیم.

۲ــ همین آزمایش را با طرف دیگر عدسی انجام دهید و فاصله‌ی کانونی عدسی را اندازه‌گیری کنید. نتیجه‌ی مشاهده‌ی خود را در گزارش کار بنویسید.

اگر آزمایش را به‌طور دقیق انجام دهید خواهید دید که این بار هم نقطه‌ی نورانی در همان فاصله تشکیل می‌شود؛ یعنی عدسی در هر یک از دو طرف دارای کانون است.

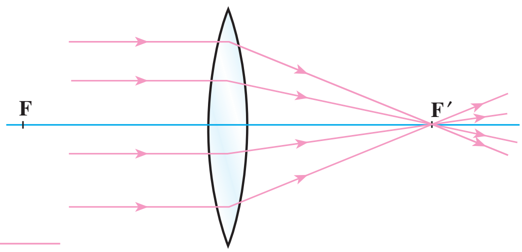


شکل ۵ــ۲۶ــ تشکیل کانون عدسی روی صفحه‌ی کاغذ

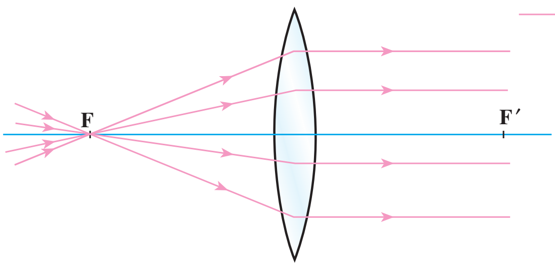
۵ــ۹ــ رسم پرتوهای شکست در عدسی‌های همگرا

چون خورشید در فاصله‌ی خیلی دور از ما قرار دارد، پرتوهایی که از آن به عدسی می‌تابند، با هم موازی هستند، از شکل (۵ــ۲۶) و آزمایش ۵ می‌توان نتیجه گرفت که اگر پرتو تابش موازی با محور اصلی به عدسی همگرا بتابد، چنان می‌شکند که از کانون عدسی بگذرد (شکل ۵ــ۲۷).

برعکس این موضوع نیز صادق است؛ یعنی پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا گذشته و به آن بتابند، پس از شکست، به موازات محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند (شکل ۵ــ۲۸).



شکل ۵ــ۲۷ــ پرتوهایی که موازی با محور اصلی به عدسی همگرا بتابند پس از شکست، از کانون عدسی می‌گذرند.



شکل ۵ــ۲۸ــ پرتوهایی که از کانون عدسی همگرا گذشته به عدسی بتابند پس از شکست، به‌موازات محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند.

فعالیت ۱۴

عدسی‌های دو کاو و دو کوژ را به‌صورت مجموعه‌ای از منشورها درنظر بگیرید و مسیر پرتوهای موازی را در آن‌ها رسم کنید.

آزمایش کنید ـ ۶

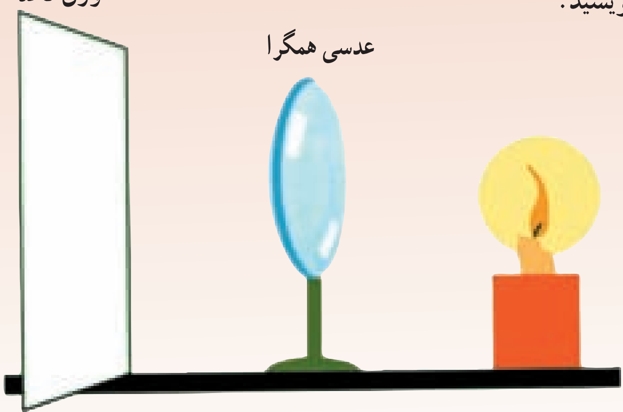
وسیله‌های آزمایش: عدسی همگرا با پایه، شمع، کبریت، یک ورق کاغذ.

این آزمایش باید در یک اتاق نسبتاً تاریک انجام شود.

۱ـ به ترتیبی که در آزمایش کنید ۵ شرح داده شد فاصله‌ی کانونی عدسی را اندازه‌گیری کنید.

۲ـ عدسی را روی پایه نصب و شمع را روشن کنید و آن را مطابق شکل (۵ـ۲۹) در فاصله‌ای دورتر از فاصله‌ی کانونی عدسی، مقابل عدسی قرار دهید. ورق کاغذ را در طرف دیگر عدسی جابه‌جا کنید تا تصویر واضح شمع روی ورق کاغذ مشاهده شود.

۳ـ شمع روشن را به کانون عدسی نزدیک یا از آن دور کنید و در هر یک از این حالت‌ها تصویر را بر روی ورق کاغذ مشاهده کنید و نتیجه را در گزارشی که تهیه می‌کنید بنویسید.



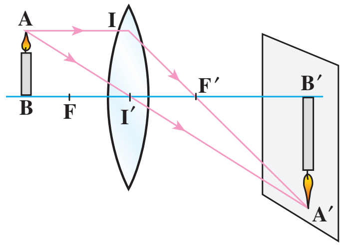
شکل ۵ـ۲۹

۴ـ در چه فاصله‌ای از عدسی اندازه‌ی تصویر برابر اندازه‌ی جسم است؟ این فاصله را با فاصله‌ی کانونی عدسی مقایسه کنید.

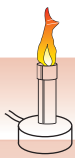
۵ــ۱۰ــ چگونگی تشکیل تصویر در عدسی‌های همگرا

یک شمع روشن را در مقابل عدسی همگرا، در فاصله‌ای بیشتر از فاصله‌ی کانونی عدسی، مطابق شکل (۵ــ۳۰) در نظر بگیرید. از هر نقطه‌ی شمع، مانند نقطه‌ی A پرتوهای زیادی به عدسی می‌تابد. از میان این پرتوها دو پرتوی خاص را در نظر می‌گیریم، یکی پرتو AI (موازی محور اصلی) و دیگری AI′ (پرتوی که از مرکز نوری عدسی گذشته است). سپس پرتوهای خروجی هر یک را به روشی که گفته شد رسم می‌کنیم. پرتوهای شکست این دو پرتو یک‌دیگر را در نقطه‌ی A′ قطع می‌کنند. اگر پرتوهای دیگری هم از نقطه‌ی A به عدسی بتابد پرتوهای شکست آن‌ها از نقطه‌ی A′ خواهد گذشت، به همین علت برای به دست آوردن نقطه‌ی A′ (که تصویر نقطه‌ی A است) دو پرتو تابش کافی است. همان‌طورکه در مورد آینه‌ها گفته شده، تصویر سایر نقطه‌های شمع را نیز می‌توان به همین‌روش به دست آورد. آزمایش نشان می‌دهد که تصویر یک شیئِ عمود بر محور اصلی، بر محور اصلی عمود است و نقطه‌ای روی محور اصلی، تصویرش روی آن محور است. با به‌دست آوردن نقطه‌ی A′ (تصویر نقطه‌ی A) می‌توان تصویر یک شیئ را که بر محور اصلی عمود است به‌دست آورد.

تصویری را که در این حالت تشکیل شده است تصویر حقیقی می‌نامیم. همان طورکه در شکل (۵ــ۳۰) می‌بینید، این تصویر بر روی صفحه‌ی کاغذ یا پرده‌ای که در محلّ تصویر قرار دارد تشکیل می‌شود. در این حالت پرتوهای شکست خودشان همدیگر را قطع کرده‌اند. در واقع نقطه‌ی A′ یک نقطه‌ی روشن واقعی است و اگر چشم در مسیر پرتوهایی که از A′ گذشته‌اند قرار گیرد، نقطه‌ی روشن A دیده می‌شود.



شکل ۵ــ ۳۰ــ چگونگی تشکیل تصویر در عدسی همگرا

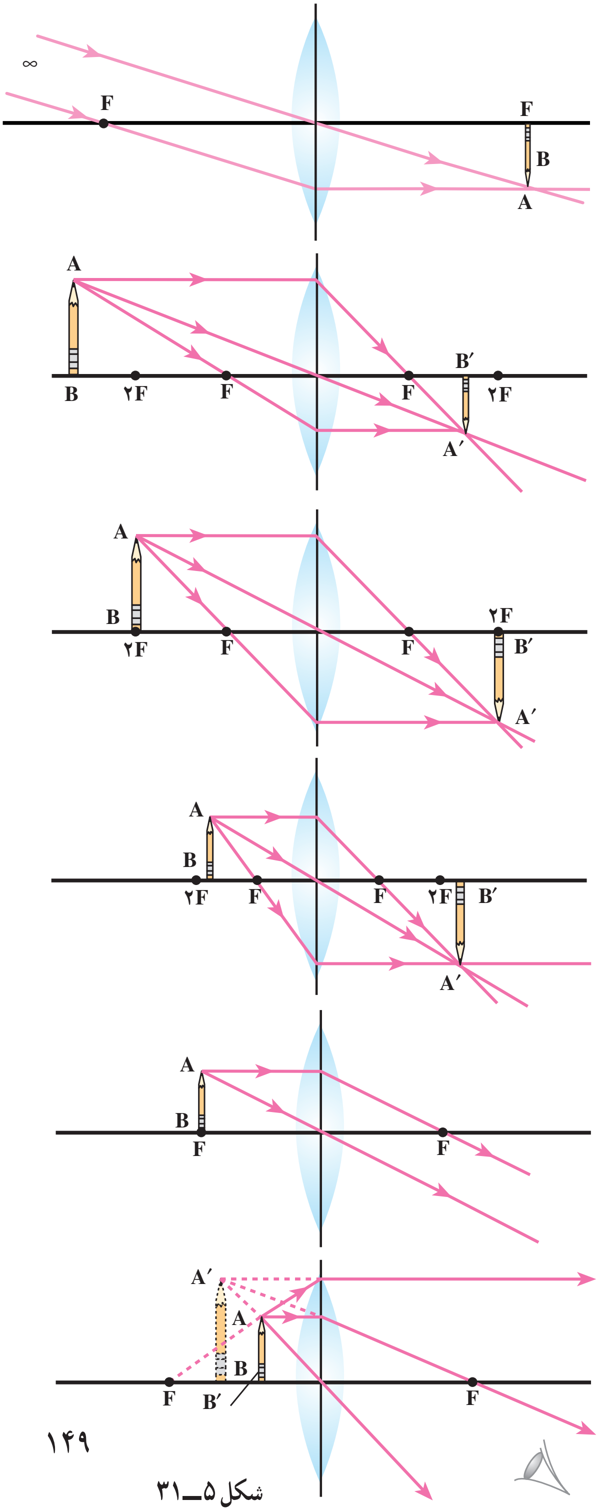


آزمایش کنید ـ ۷

وسیله‌های آزمایش: عدسی همگرا، شمع

با مشارکت افراد گروه خود، به کمک عدسی و شمع فاصله‌ی شمع روشن و عدسی را تغییر دهید و وضعیت تصویر را در هر مورد بنویسید.

در شکل‌های (۵ــ۳۱ــ الف تا ج) روش رسم تصویر شئ AB در یک عدسی همگرا در چند حالت نشان داده شده است.



الف ــ شئ در فاصله‌ی خیلی دور از عدسی، تصویر روی کانون تشکیل می‌شود و حقیقی و وارونه است.

ب ــ شئ در فاصله‌ای بیشتر از دو برابر فاصله‌ی کانونی. تصویر دورتر از f ونزدیکتر از فاصله‌ی ۲f، حقیقی، کوچکتر از جسم، وارونه

پ ــ شئ در فاصله‌ی ۲f از عدسی، تصویر در فاصله‌ی ۲f به اندازه‌ی شئ، حقیقی، وارونه

ت ــ شئ در فاصله‌ای بیشتر از f و کمتر از فاصله‌ی ۲f، حقیقی، بزرگتر از جسم، وارونه و دورتر از ۲f

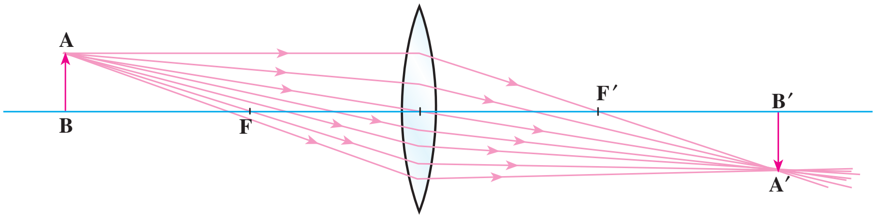
ث ــ شئ روی کانون، تصویر در بی‌نهایت

ج ــ شئ بین کانون و عدسی، همان‌طور که در شکل دیده می‌شود پرتوهای شکست از هم دور می‌شوند، امتداد پرتوهای شکست یکدیگر را قطع می‌کنند، تصویر مجازی، بزرگتر از شئ و مستقیم است.

شکل ۵ــ۳۱

در شکل (۵ــ۳۱ــ ج) هرگاه چشم ناظر در محل نشان داده شده در شکل قرار گیرد احساس می‌کند که پرتوهای شکست از $A'B'$ به چشم رسیده‌اند. همان‌طورکه می‌دانید این تصویر مجازی است.

در رسم تصویر شکل (۵ــ۳۲) نخست با رسم دو پرتو تابش، یکی موازی محور اصلی و دیگری پرتوی که از مرکز نوری گذشته است، نقطه‌ی A' مشخص شده است. پرتوهای دیگری که از A به عدسی تابیده پس از گذر از عدسی از A' گذشته‌اند.



شکل ۵ــ۳۲ــ همه‌ی پرتوهایی که از نقطه‌ی A به عدسی می‌تابند از نقطه‌ی A' عبور می‌کنند.

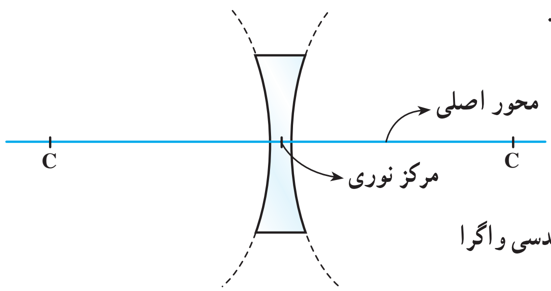
پاسخ دهید ۲

۱ــ با توجه به شکل (۵ــ۳۲) توضیح دهید که اگر نیمه‌ی بالایی یا پایینی عدسی به‌وسیله‌ی کاغذ کدری پوشانده شود آیا تصویر تشکیل می‌شود؟ چرا؟

۲ــ روشنایی تصویر نسبت به حالتی که نور به تمام سطح عدسی می‌تابد چه تفاوتی دارد؟

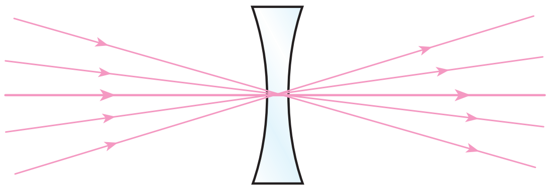
۵ــ۱۱ــ ویژگی‌های عدسی‌های واگرا

الف ــ محور اصلی، مرکز نوری: همان‌طورکه در عدسی‌های همگرا دیده شد در این عدسی‌ها نیز محور اصلی خطّی است که مرکز دو سطح کروی عدسی را به هم وصل می‌کند. نقطه‌ی میانی عدسی را که روی محور اصلی قرار دارد مرکز نوری عدسی می‌نامند. در شکل (۵ــ۳۳) محور اصلی و مرکز نوری نشان داده شده است.



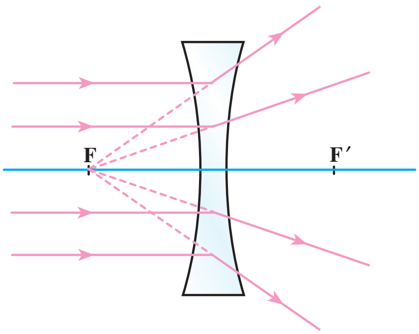
شکل ۵ــ۳۳ــ محور اصلی و مرکز نوری عدسی واگرا

در عدسی‌های واگرا نیز پرتوی که به مرکز نوری عدسی می‌تابد بدون انحراف از عدسی خارج می‌شود. در شکل (۵ــ۳۴) چنین پرتوهایی که به عدسی واگرا تابیده‌اند نشان داده شده است.



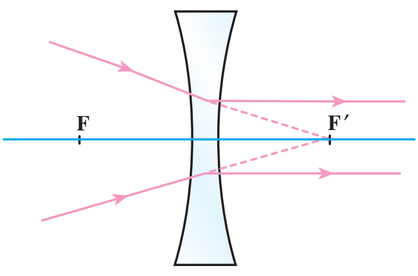
شکل ۵ــ۳۴ــ پرتوهایی که به مرکز نوری تابیده‌اند بدون انحراف از عدسی خارج شده‌اند.

ب ــ کانون عدسی‌های واگرا: هرگاه پرتوهایی موازی محور اصلی به عدسی واگرا بتابند پس از شکست و گذر از عدسی، طوری از هم دور می‌شوند که امتداد آن‌ها از یک نقطه روی محور اصلی بگذرند. این نقطه را کانون عدسی واگرا می‌نامیم. فاصله‌ی کانون تا مرکز نوری را فاصله‌ی کانونی می‌نامیم و آن را با f مشخص می‌کنیم. در شکل (۵ــ۳۵) پرتوهای تابش، موازی محور اصلی، و پرتوهای شکست مربوط به آن‌ها نشان داده شده است. در عدسی‌های واگرا کانون مجازی است.



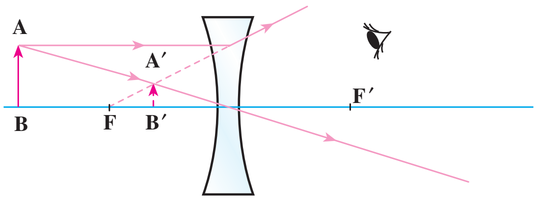
شکل ۵ــ ۳۵ــ پرتوهای تابش که موازی محور اصلی هستند، پس از شکست در عدسی واگرا از هم دور می‌شوند.

هرگاه پرتو نور طوری به عدسی واگرا بتابد که پس از برخورد به عدسی، امتداد آن از کانون بگذرد، پرتو شکست آن موازی محور اصلی خواهد بود. در شکل (۵ــ۳۶) این گونه پرتوها نشان داده شده است.



شکل ۵ــ ۳۶ــ پرتوهایی که پس از برخورد به عدسی واگرا امتدادشان از کانون بگذرد موازی محور اصلی از عدسی خارج می‌شوند.

تصویر در عدسی‌های واگرا: در این عدسی‌ها نیز، تصویر هر شیء عمود بر محور اصلی را با رسم تصویر یک نقطه‌ی آن به دست می‌آوریم. از بین پرتوهای زیادی که از هر نقطه‌ی شیء به عدسی می‌تابد دو پرتو تابش مشخص (پرتو موازی محور اصلی، پرتوی که به مرکز نوری می‌تابد یا پرتوی که امتداد آن از کانون می‌گذرد) را رسم و پرتو شکست را به ترتیبی که گفته شد رسم می‌کنیم تا تصویر نقطه‌ی مورد نظر به دست آید. در شکل (۵ــ۳۷) تصویر شیء AB در یک عدسی واگرا نشان داده شده است.



شکل ۵ــ۳۷ــ رسم تصویر شیء در عدسی واگرا

در این عدسی‌ها با قرار گرفتن چشم در مسیر پرتوهای شکست، شیء AB در A′B′ به نظر می‌رسد. این تصویر مجازی است. در عدسی‌های واگرا شیء در هر فاصله‌ای مقابل عدسی قرار داده شود تصویر آن کوچک‌تر از شیء، مجازی و نسبت به شیء مستقیم است و در فاصله‌ی بین عدسی و کانون دیده می‌شود.

فعالیت ۱۵

با مشارکت و مشورت افراد گروه خود، آزمایشی طراحی کنید که به کمک آن بتوانیم کانون عدسی واگرا را معین کنیم.

۵ــ۱۲ــ محاسبه‌ی فاصله‌ی تصویر تا عدسی

در مورد عدسی‌های کروی نازک (همان‌طور که در شکل‌های ۵ــ۳۱ــ الف تا ج دیده می‌شود) فاصله‌ی تصویر تا عدسی به فاصله‌ی شیء تا عدسی بستگی دارد. هرگاه فاصله‌ی شیء تا عدسی را با p و فاصله‌ی تصویر تا عدسی را با q و فاصله‌ی کانونی را با f نشان دهیم، ثابت می‌شود که بین این فاصله‌ها رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f} \qquad (۵ــ۵)$$

در عدسی همگرا که کانون حقیقی است، f مثبت و در عدسی واگرا که کانون مجازی است f منفی است. هرگاه فاصله‌ی تصویر تا عدسی (یعنی q) مجهول باشد، پس از محاسبه‌ی مقدار آن، درصورتی که علامت مقدار به دست آمده مثبت باشد، تصویر حقیقی است ؛ در غیر این صورت معلوم می‌شود که تصویر مجازی است.

آزمایش کنید ـ ۸

آزمایش کنید ـ ۷ را تکرار کنید و با اندازه‌گیری فاصله‌ی جسم تا عدسی و فاصله‌ی تصویر تا عدسی درستی رابطه‌ی (۵ ـ ۵) را تجربه کنید و نتیجه را گزارش نمایید.

مثال ۷

یک شئ را یک بار در فاصله‌ی ۱۲ سانتی‌متری و بار دیگر در فاصله‌ی ۴ سانتی‌متری یک عدسی همگرا که فاصله‌ی کانونی آن ۸ سانتی‌متر است قرار می‌دهیم. محل تصویر و نوع تصویر را در هر حالت تعیین کنید. شکل را برای هر دو حالت رسم کنید.

حل: حالت اول ؛ $p=۱۲cm$ و $f=+۸cm$ و $q=?$

$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f}\Rightarrow\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۸}$$

$$\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۸}-\frac{۱}{۱۲}=\frac{۳-۲}{۲۴}\Rightarrow\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۲۴}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی $q=۲۴cm$

چون q مثبت شده است تصویر حقیقی است.

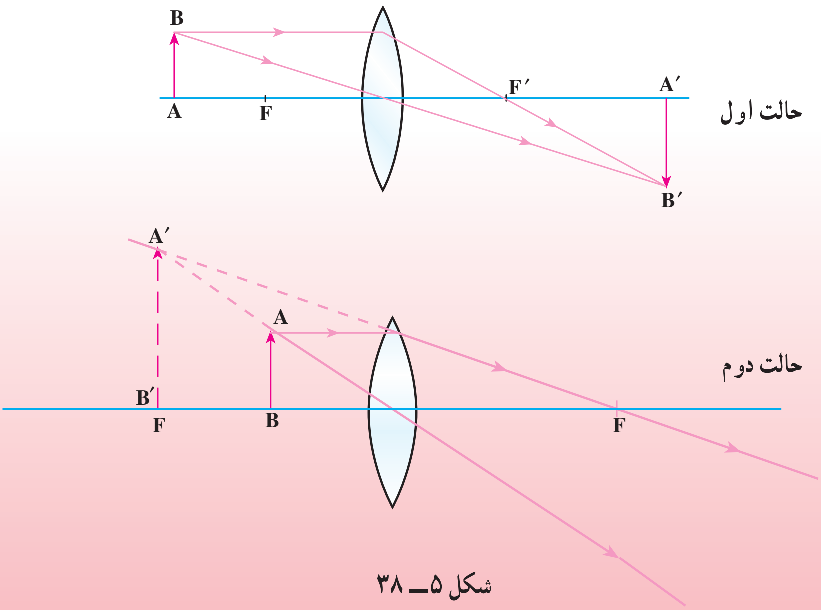
حالت دوم : $p=۴cm$ و $f=+۸cm$ و $q=?$

$$\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۸}\Rightarrow\frac{۱}{q}=\frac{۱}{۸}-\frac{۱}{۴}$$

$$\frac{۱}{q}=\frac{۱-۲}{۸}\Rightarrow\frac{۱}{q}=-\frac{۱}{۸}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی $q=-۸cm$

چون در این حالت q منفی شده است،تصویر مجازی است.



شکل ۵ــ ۳۸

مثال ۸

شیئی در فاصله‌ی ۱۸ سانتی‌متری یک عدسی واگرا که فاصله‌ی کانونی آن ۶ سانتی‌متر است قرار داده شده است. فاصله‌ی تصویر تا عدسی چقدر می‌شود؟

حل: چون عدسی واگراست فاصله‌ی کانونی منفی است.

$p = ۱۸cm$ و $f = -۶cm$ و $q = ?$

$$\frac{۱}{p} + \frac{۱}{q} = \frac{۱}{f}$$

$$\frac{۱}{۱۸} + \frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۶}$$

$$\frac{۱}{q} = -\frac{۱}{۶} - \frac{۱}{۱۸} = \frac{-۳-۱}{۱۸} = -\frac{۴}{۱۸}$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی $q = -\frac{۱۸}{۴} = -۴/۵\,cm$

علامت منفی نشان دهنده‌ی این است که تصویر مجازی است.

در عدسی‌ها نیز اگر فاصله‌ی تصویر تا عدسی معلوم باشد، در صورتی‌که تصویر حقیقی باشد این فاصله را با علامت مثبت و در صورتی‌که تصویر مجازی باشد، فاصله‌ی آن تا عدسی را با علامت منفی در رابطه‌ی (۵ـ۵) جای‌گذاری کنید.

۵ـ۱۳ـ بزرگ‌نمایی عدسی‌ها

در عدسی‌ها نیز نسبت طول تصویر $(A'B')$ به طول شئ (AB) را بزرگ‌نمایی می‌نامیم و آن را با m نمایش می‌دهیم.

$$m = \frac{A'B'}{AB} \qquad (۵ـ۶)$$

همان طورکه در آینه‌ها هم بیان شد، بزرگ‌نمایی نشان می‌دهد که طول تصویر چند برابر طول شئ است. ثابت می‌شود که در عدسی‌ها نیز می‌توان رابطه‌ی بزرگ‌نمایی را به صورت زیر نوشت :

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \left|\frac{q}{p}\right| \qquad (۵ـ۷)$$

اگر از عدسی همگرا به عنوان ذره‌بین استفاده شود عدسی را نسبت به شئ مورد نظر طوری قرارمی‌دهیم که فاصله‌ی شئ تا عدسی کم‌تر از فاصله‌ی کانونی عدسی باشد (یعنی شئ در فاصله‌ی کانونی عدسی قرار بگیرد.) در این صورت تصویر مجازی، مستقیم و بزرگ‌تر از شئ دیده می‌شود.

مثال ۹

اگر بخواهیم به وسیله‌ی یک ذره‌بین (عدسی همگرا) از یک شئ به طول ۰/۵ سانتی‌متر تصویری مستقیم و مجازی به طول ۲ سانتی‌متر به‌دست آوریم و فاصله‌ی شئ تا عدسی ۶ سانتی‌متر باشد، فاصله‌ی تصویر تا عدسی و فاصله‌ی کانونی عدسی را حساب کنید.

حل

$p = ۶cm$ و $AB = ۰/۵cm$ و $A'B' = ۲cm$ و $q = ?$ و $f = ?$

$$\frac{A'B'}{AB} = \left|\frac{q}{p}\right| \Rightarrow \frac{۲}{۰/۵} = \left|\frac{q}{۶}\right|$$

فاصله‌ی تصویر تا عدسی

$$۰/۵q = ۱۲ \Rightarrow |q| = \frac{۱۲}{۰/۵} = ۲۴cm$$

چون گفته شده است تصویر مجازی است، به جای q مقدار آن را با علامت منفی در رابطه جای‌گذاری می‌کنیم.

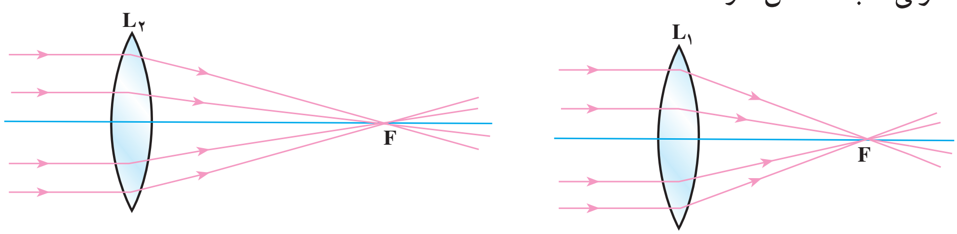
$$\frac{۱}{p}+\frac{۱}{q}=\frac{۱}{f}\Rightarrow\frac{۱}{۶}-\frac{۱}{۲۴}=\frac{۱}{f}$$

$$\frac{۴-۱}{۲۴}=\frac{۱}{f}\Rightarrow\frac{۳}{۲۴}=\frac{۱}{f}$$

$$۳f=۲۴\Rightarrow f=\frac{۲۴}{۳}=۸cm$$ فاصله‌ی کانونی عدسی

۵ــ۱۴ــ توان عدسی‌ها

در شکل (۵ــ۳۹ــ الف و ب) دو عدسی همگرای $L_۱$ و $L_۲$ با فاصله‌ی کانونی متفاوت نشان داده شده است. یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به هر دو عدسی تابیده و عدسی‌ها این دسته پرتو را همگرا (به هم نزدیک) کرده‌اند. توانایی کدام یک از این دو عدسی در همگرا کردن پرتوها بیشتر است؟ همان‌گونه که شکل‌های (۵ــ ۳۹) نشان می‌دهند، عدسی‌ای که فاصله‌ی کانونی آن کم‌تر است، در همگرا کردن پرتوها، توانایی بیشتری دارد. یعنی توانایی عدسی در همگرا کردن پرتوها با فاصله‌ی کانونی نسبت عکس دارد.

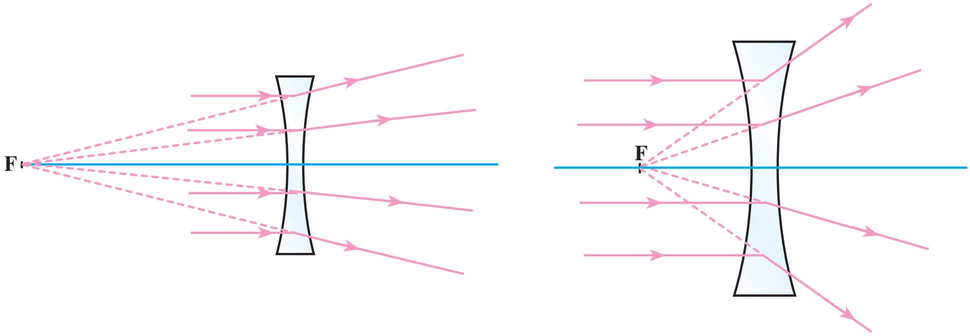


الف ــ عدسی با فاصله‌ی کانونی کمتر توانایی بیشتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

ب ــ عدسی با فاصله‌ی کانونی بیشتر توانایی کمتری در همگرا کردن پرتوها دارد.

شکل ۵ــ۳۹

در شکل (۵ــ۴۰ــ الف و ب) دو عدسی واگرا با فاصله‌ی کانونی متفاوت نشان داده شده است. یک دسته پرتو موازی با محور اصلی به هر دو عدسی تابیده و عدسی‌ها این دسته پرتو را واگرا (از هم دور) کرده‌اند. در این مورد هم دیده می‌شود که توانایی عدسی، در واگرایی پرتوها با فاصله‌ی کانونی آن نسبت عکس دارد.



ب ــ عدسی واگرا با فاصله‌ی کانونی بیشتر، توانایی کمتری در واگرایی دارد.

الف ــ عدسی واگرا با فاصله‌ی کانونی کمتر توانایی بیشتری در واگرایی دارد.

شکل ۵ــ۴۰

از آن‌چه در مورد مقایسه‌ی همگرایی دو عدسی گفته شد، می‌توان نتیجه گرفت که هر اندازه شعاع انحنای عدسی کم‌تر باشد فاصله‌ی کانونی کم‌تر و توانایی عدسی برای همگرا یا واگرا کردن پرتوها بیشتر می‌شود. عکس فاصله‌ی کانونی (یعنی $\frac{1}{f}$) را توان عدسی می‌نامیم و آن را با نماد D نشان می‌دهیم.

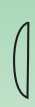
$$D = \frac{1}{f} \qquad (۵ـ۸)$$

در رابطه‌ی (۵ــ۸) فاصله‌ی‌کانونی برحسب متر است. در این رابطه یکای توان عدسی عکس متر $(\frac{1}{m})$ است که **دیوپتر** نام دارد و آن را با نماد d نشان می‌دهند. توان عدسی‌های همگرا مثبت و توان عدسی‌های واگرا منفی است.

فعالیت ۱۶

فاصله‌ی کانونی هر یک از عدسی‌هایی را که شکل آن‌ها در جدول زیر آمده است با استفاده از اعداد داده شده و شکل عدسی‌ها معین کرده و جدول را کامل کنید (عدسی‌ها هم جنس‌اند).

−۱۵cm ، −۵cm ، ۵cm ، ۲۰cm

عدسی‌ها				
فاصله‌ی کانونی				
توان عدسی				

مثال ۱۰

توان عدسی همگرایی به فاصله‌ی کانونی ۲۰cm چقدر است؟

حل

$f = +20\,cm = +0/2\,m$ و $D = ?$

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0/2} = \frac{10}{2}$$

$D = 5d$

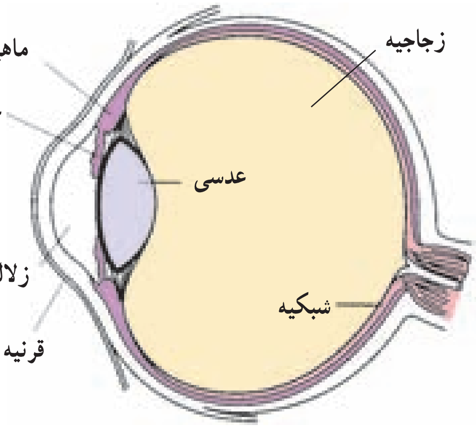
۵ــ۱۵ــ چشم و معایب آن

بینایی بیش‌تر از حواس دیگر، ما را با جهان اطراف خود مرتبط می‌کند. مثلاً با کمک چشمان خود رنگ‌ها را تشخیص می‌دهیم و همچنین بزرگی و کوچکی اشیاء را شناسایی می‌کنیم. هنگامی که به یک جسم نگاه می‌کنیم چشمان ما همانند یک دوربین، تصویری از آن در انتهای چشم تشکیل می‌دهد ؛ یعنی می‌توان چشم انسان را شبیه یک عدسی همگرا دانست که تصویری حقیقی بر روی یک صفحه‌ی حساس به نور به‌نام شبکیه تشکیل می‌دهد. چشم عضوی است تقریباً کروی شکل و جنس ژله‌ای مانند که درون پوسته‌ای نسبتاً سخت به‌نام صلبیّه قرار دارد (شکل ۵ــ۴۱). بخش جلویی صلبیه که شفاف است قرنیّه نامیده می‌شود و اولین شکست نور هنگام ورود به چشم در این محل انجام می‌شود. ضریب شکست قرنیه تقریباً ۱/۳۷۶ است. در پشت قرنیه مایع شفافی به‌نام زلالیه با ضریب شکست ۱/۳۳۶ قرار دارد و چون ضریب شکست قرنیه نیز تقریباً همین اندازه است در مرز مشترک قرنیه و زلالیه شکست چندانی برای نور اتفاق نمی‌افتد. **مردمک** چشم دریچه‌ای است که با تغییر قطر آن، شدت نور عبوری تنظیم می‌شود. در جریان این تنظیم، قطر مردمک بین ۲ تا ۸ میلی‌متر تغییر می‌کند. در پشت مردمک، عدسی چشم قرار دارد. **عدسی چشم** یک عدسی همگرای دوکوژ است که از ماده‌ای ژله مانند، انعطاف‌پذیر و شفاف ساخته شده است.

ضریب شکست عدسی تقریباً ۱/۴۳۷ است. پس از شکست نور در قرنیه، عدسی چشم تصویری حقیقی، وارونه و کوچک‌تر بر روی شبکیه تشکیل می‌دهد.

عدسی چشم به‌وسیله‌ی یک دسته تارهای آویزی که به ماهیچه‌ای به‌نام **ماهیچه‌ی مژگانی** متصل‌اند نگه داشته می‌شود. همین ماهیچه‌های مژگانی است که می‌تواند ضخامت عدسی را تغییر دهد. هنگامی که این ماهیچه درحال استراحت است، عدسی بزرگ‌ترین فاصله‌ی کانونی خود را دارد

و تصویر اشیاء دور را روی شبکیه می‌اندازد، اما برای دیدن اشیاء نزدیک، ماهیچه‌ی مژگانی منقبض می‌شود و ضخامت عدسی چشم را زیاد می‌کند که درنتیجه، فاصله‌ی کانونی عدسی کم‌تر می‌شود و تصویر روی شبکیه تشکیل می‌گردد. تغییر فاصله‌ی کانونی چشم را، برای ایجاد تصویرهای واضح از اجسام دور یا نزدیک روی شبکیه، **تطابق** می‌گویند.



شکل ۵ــ۴۱

پاسخ دهید ۳

چرا در آب نمی‌توان اجسام اطراف خود را خوب دید؟

فعالیت ۱۷

تحقیق کنید که چرا روی صفحه‌ی تلویزیون و یا پرده‌ی سینما تصاویر را به‌طور پیوسته می‌بینید.

گستره‌ی دید طبیعی

یک چشم سالم می‌تواند برای فاصله‌های از حدود ۲۵cm تا بی‌نهایت عمل تطابق را انجام دهد. در افراد جوان این فاصله از فاصله‌ی ۲۵cm نزدیک‌تر است که با افزایش سن دورتر می‌شود.

به‌طور کلی قدرت تطابق چشم ما با افزایش سن محدود و محدودتر می‌شود.

کم‌ترین فاصله‌ی دید چشم نزدیک‌ترین مکانی است که اگر جسمی در آن‌جا باشد چشم می‌تواند آن را واضح ببیند ؛ بدون آن که فشار زیادی بر چشم وارد شود.

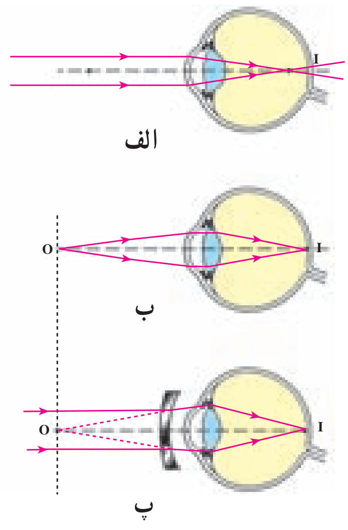
بیشترین فاصله‌ی دید چشم، دورترین مکانی است که اگر جسمی در آن‌جا باشد چشم بدون تطابق می‌تواند آن را واضح ببیند.

مطالعه‌ی آزاد

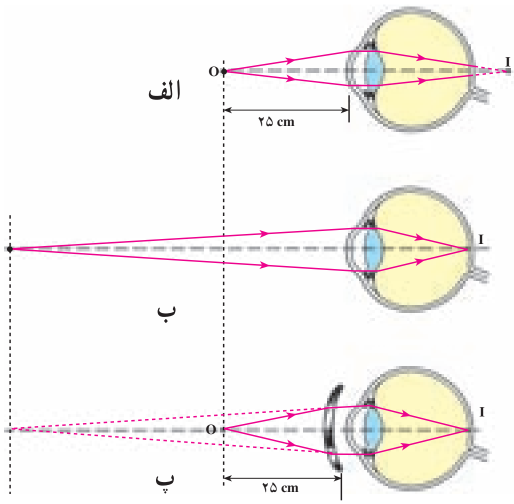
معایب چشم

نزدیک‌بینی: یک چشم نزدیک‌بین می‌تواند تنها اجسام نزدیک را واضح ببیند. تصویر اشیاء دور در جلو شبکیه تشکیل می‌شود (شکل ۵ـ۴۲ـ الف). بیش‌ترین فاصله‌ی دید چشم نزدیک‌بین از بیش‌ترین فاصله‌ی دید چشم سالم کم‌تر است (شکل ۵ـ۴۲ـ ب).

این عیب با استفاده از عدسی هلالی واگرا (شکل ۵ـ۴۲ـ پ) اصلاح می‌شود. این عدسی تصویر مجازی جسم دور را در نقطه‌ی دور چشم نزدیک‌بین می‌اندازد. انحنای عدسی‌هایی که روی چشم می‌گذارند باید دقیقاً برابر انحنای قرنیه باشد.



شکل ۵ـ۴۲ـ نزدیک‌بینی



شکل ۵ـ۴۳ـ دوربینی



شکل ۵ــ۴۴ ــ روی چشم این شخص یک عدسی گذاشته شده است.

دوربینی: یک چشم دوربین می‌تواند تنها اجسام دور را واضح ببیند. تصویر اجسام نزدیک در پشت شبکیه تشکیل می‌شود (شکل ۵ــ۴۳ــ الف). کم‌ترین فاصله‌ی دید چشم دوربین از کم‌ترین فاصله‌ی دید چشم سالم، بیش‌تر است (شکل ۵ــ۴۳ــ ب).

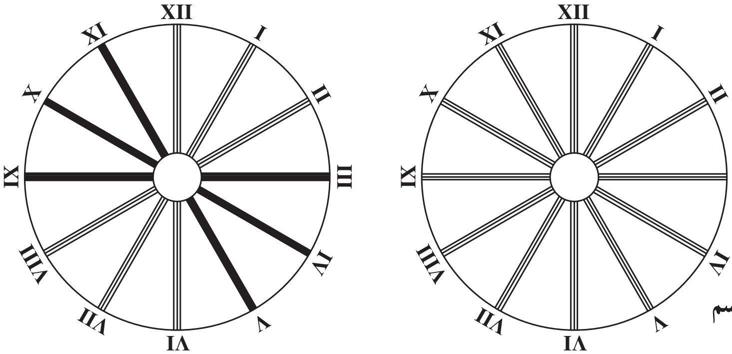
این عیب با استفاده از یک عدسی هلالی همگرا اصلاح می‌شود. این عدسی تصویر مجازی شئ نزدیک را در نقطه‌ی نزدیک چشم دوربین می‌اندازد (شکل ۵ــ۴۳ــ پ).

کاهش تطابق یا پیرچشمی: با افزایش تدریجی سن، ضخامت عدسی نمی‌تواند تغییر کافی پیدا کند تا اشیای دور یا خیلی نزدیک دارای تصویرهای واضح باشند. این عیب را کاهش تطابق یا پیرچشمی گویند. پیرچشمی با استفاده از یک عینک با عدسی همگرا برای دیدن اشیای نزدیک اصلاح می‌شود.

آستیگماتیسم: آستیگماتیسم هنگامی روی می‌دهد که حداقل یکی از سطح‌های شکست‌دهنده‌ی نور (قرنیه یا عدسی) در چشم کروی بودن خود را از دست بدهد. برای چشم آستیگمات تصویر تشکیل شده در یک راستا واضح است ولی در راستای دیگر واضح نیست، درصورتی که برای چشم سالم تصویر در همه‌ی راستاها واضح است (شکل ۵ــ۴۵ ــ الف و ب).

واضح نبودن تصویر در یک راستا به علت کافی نبودن انحنای قرنیه در این راستاست. این عیب به‌وسیله‌ی یک عدسی استوانه‌ای به‌گونه‌ای اصلاح می‌شود که انحنای بیش‌تر این عدسی، انحنای کم‌تر قرنیه را در این راستا جبران کند.

آستیگماتیسم



الف ــ برای چشم سالم هر مجموعه از خط‌های موازی وضوح یکسانی دارد.

ب ــ برای چشم آستیگمات هر مجموعه از خط‌های موازی وضوح متفاوتی دارد.

شکل ۵ــ۴۵

کوررنگی: کوررنگی کامل بسیار کم پیش می‌آید، اما برخی از افراد هیچ رنگی را نمی‌بینند و دنیای آن‌ها، مانند تصویر سیاه و سفید تلویزیون، تک‌رنگ است. بعضی افراد نمی‌توانند بین دو یا چند رنگ را تمیز بدهند یا برای این کار با مشکل روبه‌رو می‌شوند. یک شکل متداول کوررنگی جزئی، تمیز دادن بین قرمز و سبز را مشکل می‌کند. این عیب ممکن است به علت کمبود یک نوع سلول مخروطی در شبکیه باشد.

پاسخ دهید ۴

چشمان دانش‌آموزی از پشت عینکش درشت‌تر به‌نظر می‌رسد.
عیب چشم این دانش‌آموز را تشخیص دهید.

فعالیت ۱۸

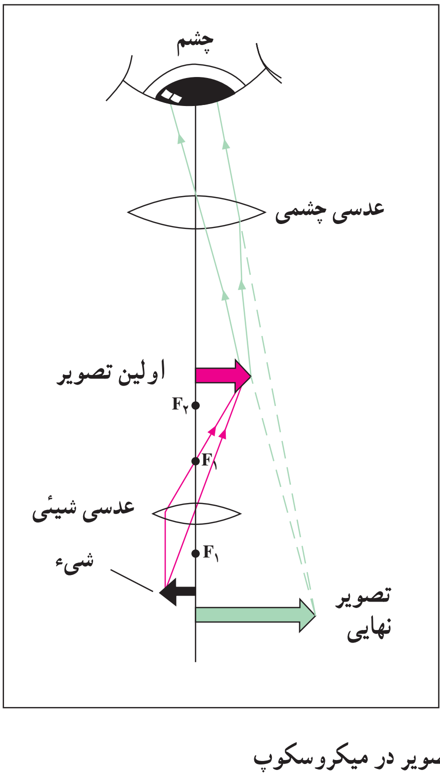
به همراه اعضای گروه خود،از یک کارگاه عینک‌سازی بازدید کنید و گزارشی از این بازدید تهیه نمایید و به کلاس ارائه دهید.

فنّاوری و کاربرد

از وسیله‌هایی که به کمک عدسی‌ها ساخته می‌شود یکی میکروسکوپ و دیگری دوربین نجومی است.

میکروسکوپ: ساختمان اصلی میکروسکوپ، از دو عدسی همگرا تشکیل شده است که در دو انتهای یک لوله کار گذاشته شده‌اند. محور اصلی دو عدسی بر یک‌دیگر منطبق است. فاصله‌ی کانونی عدسی اول که جسم در مقابل آن قرار می‌گیرد حدود چند میلی‌متر است و به آن **عدسی شیئی** گفته می‌شود. فاصله‌ی کانونی عدسی دوم که چشم در پشت آن واقع می‌شود، حدود چند سانتی‌متر است و **عدسی چشمی** نام دارد.

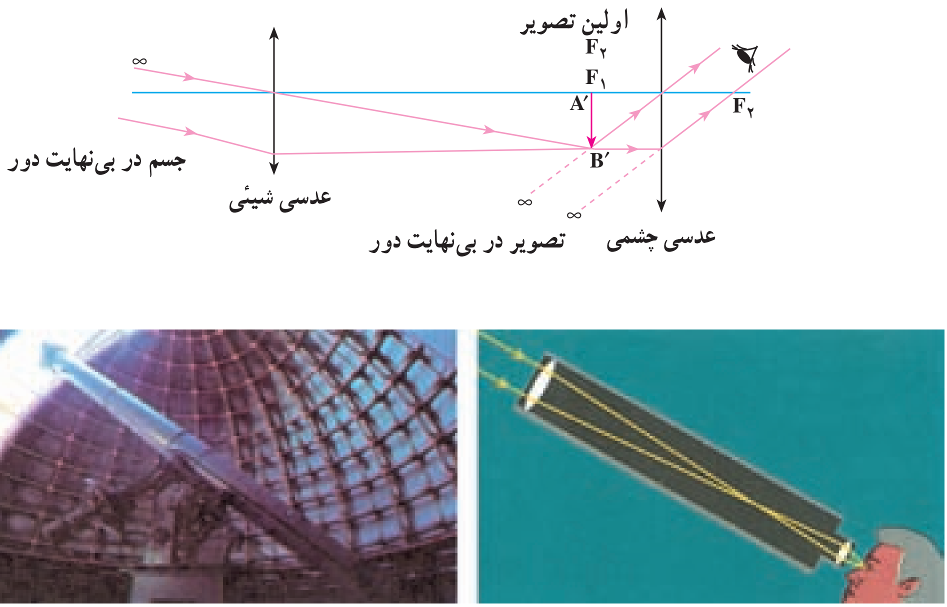
جسم‌های کوچک و روشن را خارج از فاصله‌ی کانونی، اما خیلی نزدیک به کانون عدسی شیئی قرار می‌دهند. در میکروسکوپ از جسم تصویری دیده می‌شود که از جسم بزرگ‌تر، معکوس و مجازی است. در شکل (۵ـ۴۶) طرز تشکیل تصویر در یک میکروسکوپ نشان داده شده است.





شکل ۵ـ۴۶ــ طرز تشکیل تصویر در میکروسکوپ

دوربین نجومی: دوربین نجومی برای دیدن اجرام آسمانی به کار می‌رود. ساختمان آن مشابه ساختمان میکروسکوپ است و از دو عدسی همگرای هم محور درست شده است. فاصله‌ی کانونی عدسی شیئی آن حدود متر است و عدسی چشمی آن مانند عدسی چشمی میکروسکوپ است. برای دوربین، جسم در بی‌نهایت دور قرار دارد. در شکل (۵ـ۴۷) طرز تشکیل تصویر در دوربین نشان داده شده است. آخرین تصویر در دوربین، مجازی، معکوس و از جسم کوچک‌تر است.



شکل ۵ـ۴۷ـ طرز تشکیل تصویر در دوربین نجومی

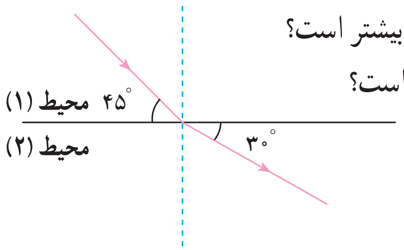
اولین تصویر (A′B′) در سطح کانونی عدسی شیئی تشکیل می‌شود. معمولاً دوربین را طوری تنظیم می‌کنند که کانون‌های دو عدسی بر یک‌دیگر منطبق شود. در این صورت آخرین تصویر نیز در بی‌نهایت دور دیده می‌شود.

تمرین‌های فصل پنجم

۱ــ شکل (۵ــ۴۸) مسیر نور را در دو محیط مختلف نشان می‌دهد. با توجه به‌شکل، به‌پرسش‌های زیر پاسخ دهید :

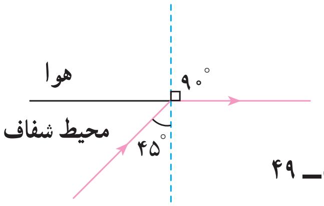
الف : سرعت نور در کدام یک از دو محیط بیشتر است؟

ب : زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی شکست چقدر است؟



شکل ۵ــ۴۸

۲ــ با توجه به شکل (۵ــ۴۹) که مسیر نور را هنگام گذر از یک محیط شفاف به هوا نشان می‌دهد، عبارت‌های زیر را کامل کنید :



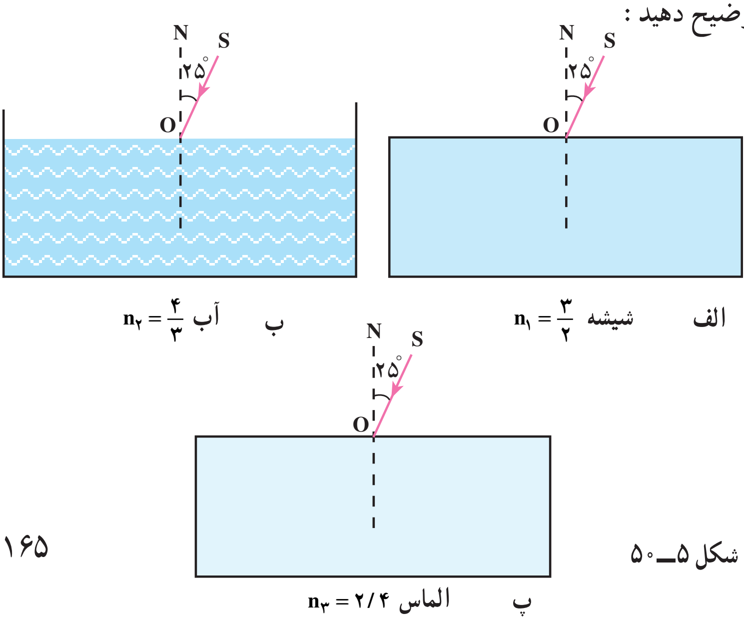
شکل ۵ــ ۴۹

الف : از این شکل معلوم می‌شود زاویه‌ی ...... در محیط شفاف 45° است.

ب : هرگاه نور با زاویه‌ی تابش ...... از 45° بتابد از این محیط ...... می‌شود.

پ : هرگاه نور با زاویه‌ی تابش ...... از 45° بتابد ...... رخ می‌دهد.

۳ــ پرتوهای تابش با زاویه‌ی تابش یکسان از هوا به سه محیط با ضریب شکست متفاوت تابیده است. با رسم شکل توضیح دهید :



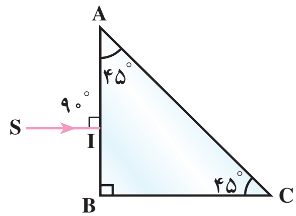
شکل ۵ــ۵۰

الف : پرتوهای شکست در کدام محیط به خط عمود نزدیک‌تر است؟

ب : سرعت نور در کدام محیط بیش‌تر است؟

پ : زاویه‌ی انحراف در کدام محیط کم‌تر است؟

۴ــ در شکل (۵ــ۵۱) زاویه‌ی حدّ منشور 42° است و پرتو SI عمود بر وجه AB تابیده است. مسیر نور را پس از ورود به منشور و خارج شدن از آن رسم کنید.



شکل ۵ــ۵۱

۵ــ الف : ظرفی (با بدنه‌ی غیرشفاف) را روی میز بگذارید و سکه‌ای را در کف آن قرار دهید.

ب : در فاصله‌ای از میز بایستید که اگر قدری نزدیک‌تر شوید سکه دیده شود.

پ : در همان حال از کسی (مثلاً از یکی از دوستان خود) بخواهید که به آرامی درون ظرف آب بریزد. آن‌چه را که مشاهده می‌کنید و علت آن را توضیح دهید.

۶ــ تحقیق کنید که معمولاً از چه نوع عدسی به عنوان ذره‌بین استفاده می‌شود. چرا؟ چگونگی استفاده را توضیح دهید.

۷ــ الف : جسمی را یک بار در فاصله‌ی ۱۵ سانتی‌متری و بار دیگر در فاصله‌ی ۵ سانتی‌متری عدسی همگرایی که فاصله‌ی کانونی آن ۱۰cm است قرار می‌دهیم. فاصله‌ی تصویر و بزرگ‌نمایی عدسی را در هر یک از دو حالت حساب کنید.

ب : فاصله‌ی شئ تا تصویر را در هر دو حالت پیدا کنید.

۸ــ الف : توان عدسی همگرایی ۱۰ دیوپتر است. جسمی به طول ۱/۵ سانتی‌متر را به فاصله‌ی ۵ سانتی‌متری این عدسی قرار می‌دهیم. محل تصویر و طول تصویر را به دست آورید و شکل آن را رسم کنید.

۹ــ جسمی به طول ۴cm در فاصله‌ی ۲۴ سانتی‌متری عدسی واگرایی به فاصله‌ی کانونی ۸ سانتی‌متر قرار دارد.

الف : فاصله‌ی تصویر از عدسی و طول تصویر را به دست آورید.

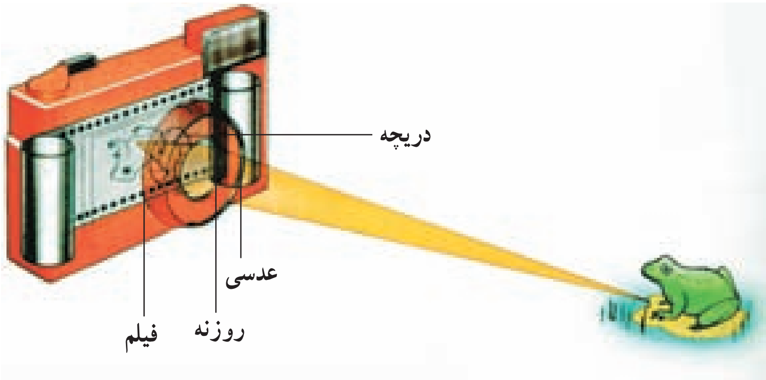
ب : توان عدسی را محاسبه کنید.

پ : شکل را با مقیاس $\frac{۱}{۴}$ رسم کنید.

۱۰ــ شکل (۵ــ۵۲) ساختمان یک دوربین عکاسی را نشان می‌دهد که فاصله‌ی فیلم (پرده) از عدسی آن برابر 5cm است. هرگاه فاصله‌ی شیئی از عدسی برابر 100cm باشد تصویر واضحی از آن بر روی فیلم ایجاد می‌شود.

الف : طول تصویر روی فیلم چند برابر جسم است؟

ب : فاصله‌ی کانونی عدسی را حساب کنید.



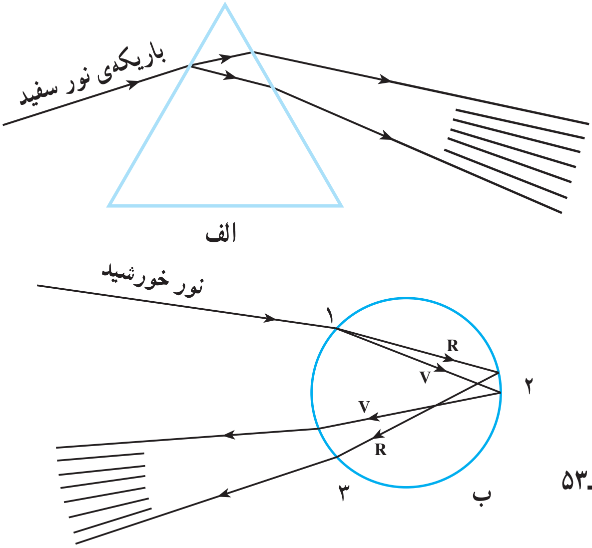
شکل ۵ــ۵۲

۱۱ــ تحقیق کنید که برای تولید هر یک از تصویرها یا حالت‌های زیر، جسم نورانی، باید در چه فاصله‌ای از عدسی همگرا قرار گیرد؟

محل جسم	بین کانون و عدسی	روی کانون	بین F و 2F	روی 2F	خارج از 2F	فاصله‌ی دور
تصویر سینمایی روی پرده						
تصویر کوچک روی فیلم عکاسی						
تولید پرتوهای موازی نور						
تولید لکه‌ی نورانی کوچک						
تولید تصویر روی شبکیه‌ی چشم						

۱۲ــ الف : شکل (۵ــ۵۳ ــ الف) طیف پیوسته‌ی ایجاد شده توسط یک منشور را نشان می‌دهد. نام نوارهای مختلف رنگی را مشخص نمایید.

ب : شکل (۵ــ۵۳ ــ ب) نحوه‌ی تشکیل رنگین‌کمان توسط یک قطره باران را نشان می‌دهد.



شکل ۵ــ۵۳

ب ــ۱ــ برای دیدن رنگین‌کمان باید رو به خورشید ایستاد یا پشت به آن؟

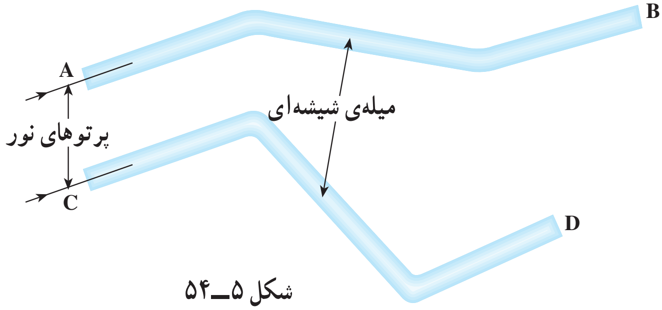
ب ــ۲ــ ترتیب نوارهای مختلف رنگی را بر روی این شکل نیز مشخص نمایید.

ب ــ۳ــ در هر یک از نقطه‌های ۱ و ۲ و ۳، کدام پدیده‌های نوری (بازتابش یا شکست) رخ می‌دهد؟

۱۳ــ شکل (۵ــ۵۴)، دو میله‌ی شیشه‌ای هم‌جنس را که در هوا قرار گرفته‌اند نشان می‌دهد. این دو میله شبیه تارهای نوری هستند.

الف : پرتو نوری که از A وارد میله شده است، به B می‌رسد، ولی پرتو نوری که از نقطه‌ی C وارد می‌شود به D نمی‌رسد. علت را توضیح دهید.

ب : مسیر پرتو نور را از A تا B رسم کنید.



شکل ۵ــ۵۴

ج : اگر طول یک تار نوری برابر $۲/۵ \times ۱۰^{۶}$ m باشد، نور طول آن را در مدت زمان $۱۰^{-۲}$ s طی خواهد کرد. سرعت نور را در آن محاسبه کنید.

د : سرعت نور در خلأ ۳×۱۰^{۸} m/s است. هرگونه اختلافی بین این عدد و سرعت نور در تار را، توضیح دهید.

زاویه بر حسب درجه	زاویه بر حسب رادیان	سینوس	کسینوس	تانژانت	زاویه بر حسب درجه	زاویه بر حسب رادیان	سینوس	کسینوس	تانژانت
0°	0.000	0.000	1.000	0.000					
1°	0.017	0.017	1.000	0.017	46°	0.803	0.719	0.695	1.036
2°	0.035	0.035	0.999	0.035	47°	0.820	0.731	0.682	1.072
3°	0.052	0.052	0.999	0.052	48°	0.838	0.743	0.669	1.111
4°	0.070	0.070	0.998	0.070	49°	0.855	0.755	0.656	1.150
5°	0.087	0.087	0.996	0.087	50°	0.873	0.766	0.643	1.192
6°	0.105	0.105	0.995	0.105	51°	0.890	0.777	0.629	1.235
7°	0.122	0.122	0.993	0.123	52°	0.908	0.788	0.616	1.280
8°	0.140	0.139	0.990	0.141	53°	0.925	0.799	0.602	1.327
9°	0.157	0.156	0.988	0.158	54°	0.942	0.809	0.588	1.376
10°	0.175	0.174	0.985	0.176	55°	0.960	0.819	0.574	1.428
11°	0.192	0.191	0.982	0.194	56°	0.977	0.829	0.559	1.483
12°	0.209	0.208	0.978	0.213	57°	0.995	0.839	0.545	1.540
13°	0.227	0.225	0.974	0.231	58°	1.012	0.848	0.530	1.600
14°	0.244	0.242	0.970	0.249	59°	1.030	0.857	0.515	1.664
15°	0.262	0.259	0.966	0.268	60°	1.047	0.866	0.500	1.732
16°	0.279	0.276	0.961	0.287	61°	1.065	0.875	0.485	1.804
17°	0.297	0.292	0.956	0.306	62°	1.082	0.883	0.469	1.881
18°	0.314	0.309	0.951	0.325	63°	1.100	0.891	0.454	1.963
19°	0.332	0.326	0.946	0.344	64°	1.117	0.899	0.438	2.050
20°	0.349	0.342	0.940	0.364	65°	1.134	0.906	0.423	2.145
21°	0.367	0.358	0.934	0.384	66°	1.152	0.914	0.407	2.246
22°	0.384	0.375	0.927	0.404	67°	1.169	0.921	0.391	2.356
23°	0.401	0.391	0.921	0.424	68°	1.187	0.927	0.375	2.475
24°	0.419	0.407	0.914	0.445	69°	1.204	0.934	0.358	2.605
25°	0.436	0.423	0.906	0.466	70°	1.222	0.940	0.342	2.747
26°	0.454	0.438	0.899	0.488	71°	1.239	0.946	0.326	2.904
27°	0.471	0.454	0.891	0.510	72°	1.257	0.951	0.309	3.078
28°	0.489	0.469	0.883	0.532	73°	1.274	0.956	0.292	3.271
29°	0.506	0.485	0.875	0.554	74°	1.292	0.961	0.276	3.487
30°	0.524	0.500	0.866	0.577	75°	1.309	0.966	0.259	3.732
31°	0.541	0.515	0.857	0.601	76°	1.326	0.970	0.242	4.011
32°	0.559	0.530	0.848	0.625	77°	1.344	0.974	0.225	4.331
33°	0.576	0.545	0.839	0.649	78°	1.361	0.978	0.208	4.705
34°	0.593	0.559	0.829	0.675	79°	1.379	0.982	0.191	5.145
35°	0.611	0.574	0.819	0.700	80°	1.396	0.985	0.174	5.671
36°	0.628	0.588	0.809	0.727	81°	1.414	0.988	0.156	6.314
37°	0.646	0.602	0.799	0.754	82°	1.431	0.990	0.139	7.115
38°	0.663	0.616	0.788	0.781	83°	1.449	0.993	0.122	8.144
39°	0.681	0.629	0.777	0.810	84°	1.466	0.995	0.105	9.514
40°	0.698	0.643	0.766	0.839	85°	1.484	0.996	0.087	11.43
41°	0.716	0.656	0.755	0.869	86°	1.501	0.998	0.070	14.301
42°	0.733	0.669	0.743	0.900	87°	1.518	0.999	0.052	19.081
43°	0.750	0.682	0.731	0.933	88°	1.536	0.999	0.035	28.636
44°	0.768	0.695	0.719	0.966	89°	1.553	1.000	0.017	57.290
45°	0.785	0.707	0.707	1.000	90°	1.571	1.000	0.000	∞

واژه‌نامه‌ی فارسی ــ انگلیسی

آ

آستیگماتیسم	Astigmatism
آمپرسنج	Ammeter
آونگ	Pendulum
آهنگ	Rate
آهنگ شارش	Flow Rate
آینه‌ی تخت	Plane Mirror
آینه‌ی خمیده	Curved Mirror
آینه‌ی کاو (مقعّر)	Concave Mirror
آینه‌ی کوژ (محدّب)	Convex Mirror

ا

اتم	Atom
اختلاف پتانسیل	Potential Difference
انبساط	Expansion
انتشار	Propagation
انتقال	Transfer
انجماد	Solidification
انحراف	Deviation
انرژی بادی	Wind Energy
انرژی پتانسیل	Potential Energy
انرژی جنبشی	Kinetic Energy
انرژی خورشیدی	Solar Energy
انرژی درونی	Internal Energy
انرژی هیدروالکتریکی	Hydroelectric Energy
الکتروستاتیک	Electrostatics
الکتروسکوپ	Electroscope
اندازه(بزرگی)	Magnitude

ب

باتری	Battery
بار	Charge
بار الکتریکی	Electric Charge
باردارکردن ازطریق القا	Charging by Induction
باردارکردن ازطریق تماس	Charging by Contact
باردارکردن ازطریق مالش	Charging by Rubbing
بارهای ناهمنام	Unlike Charges
بارهای همنام	Like Charges
باریکه	Beam
بازتابش	Reflection
بازتابش داخلی	Internal Reflection
بازتابش کلی	Total Reflection
بازتابش منظم	Regular Reflection
بازتابش نامنظم	Irregular Reflection
برق‌گیر (رسانای آذرخش)	Lightning Conductor
بزرگ‌نمایی (خطی)	Magnification (Linear)
بیشینه، حداکثر	Maximum

پ

پاشیدگی	Dispersion
پایستگی	Conservation
پتانسیل	Potential
پرتو	Ray
پرتوافکن	Ray Box
پرتوی بازتابش	Reflected Ray
پرتوی تابش (فرودی)	Incident Ray

پرتوی شکست — Refracted Ray

پریسکوپ — Periscope

پیل — Cell

ت

تابش (فرودی) — Incidence

تار نوری — Optical Fiber

تخلیه‌ی الکتریکی — Electric Discharge

تصویر — Image

تصویر حقیقی — Real Image

تصویر مستقیم — Direct Image

تصویر مجازی — Virtual Image

تصویر معکوس — Inverted Image

تطابق — Accomodation

تعادل — Equilibrium

تعادل گرمایی — Thermal Equilibrium

تعریف — Definition

توان — Power

ج

جامد — Solid

جهت — Direction

جرم — Mass

جریان الکتریکی — Electric Current

جسم — Body

چ

چشمه، منبع — Source

چشمه‌ی گسترده — Extended Source

چشمه‌ی نقطه‌ای — Point Source

چشمه‌ی نور — Light Source

ح

حجم — Volume

حرکت — Motion

خ

خطّ عمود — Normal

خلأ — Vacuum

خورشیدگرفتگی (کسوف) — Eclipse of the Sun, Solar Eclipse

د

درجه — Degree

دستگاه — System

دسته‌ی پرتو — Beam

دسته‌ی پرتو موازی — Parallel Beam

دسته‌ی پرتو واگرا — Divergent Beam

دسته‌ی پرتو همگرا — Convergent Beam

دما — Temperature

دماسنج — Thermometer

دماسنج پزشکی — Clinical Thermometer

دوربین عکاسی — Camera

دوربین نجومی — Astronomical Telescope

دوربینی — Far Sightedness

دوکاو (عدسی) — Biconcave

دوکوژ (عدسی) — Biconvex

ذ

ذرّه‌بین — Magnifying Glass

ر

رانش — Repulsion

رسانا — Conductor

رسانایی	Conductivity
رسانش	Conduction
رنگین‌کمان	Rain Bow

ز

زاویه	Angle
زاویه‌ی حد	Critical Angle
زاویه‌ی شکست	Angle of Refraction

ژ

ژول	Joul

س

سازوکار	Mechanism
ساکن	Stationary
سایه	Shadow
سراب	Mirage
سرعت	Velocity
سایه‌ی کامل	Umbra
سنگ‌های رُسی	Shale Stone
سوخت‌های گیاهی	Vegetable Fuels (Biomass)
سوخت‌های فسیلی	Fossil Fuels
سوخت‌های هسته‌ای	Nuclear Fuels

ش

شارش	Flow
شبکیّه	Retina
شتاب گرانش	Acceleration of Gravity
شعاع	Radius
شفّاف	Transparent
شکست	Refraction
شئ	Object

ض

ضریب شکست	Refractive Index

ط

طول	Length
طیف	Spectrum

ع

عایق	Insulator
عایق‌بندی	Insulation
عدسی	Lens
عدسی چشمی	Eyepiece
عدسی شیئی	Objective Lens
عدسی کروی	Spherical Lens
عدسی هلالی	Meniscus Lens
عمق ظاهری	Apparent Depth
عمق واقعی	Real Depth

ف

فاصله‌ی کانونی	Focal Length
فیزیک	Physics

ق

قانون	Law

ک

کانون	Focus
کاو (مقعّر)	Concave
کاو ــ تخت	Plano - Concave

کدر Opaque

کشسانی Elastic

کمیّت Quantity

کمینه، حداقل Minimum

کوژ Convex

کوژ ــ تخت Plano - Convex

گ

گرما Heat

گرمای ویژه Specific Heat

م

ماه گرفتگی (خسوف)
Eclips of the Moon, Lunar Eclipse

مایع Liquid

محور اصلی Principal Axis

مدار الکتریکی Electric Circuit

مرکز انحنا Center of Curvature

مرکز نوری Optical Center

مستقیم‌الخط Rectillinear

مسیر Path

مقاومت Resistor

منابع انرژی Energy Sources

منابع انرژی تجدیدپذیر
Renewable Energy Sources

منابع انرژی تجدیدناپذیر
Non - Renewable Energy Sources

منشور Prism

میکروسکوپ Microscope

ن

نارسانا Nonconductor

نزدیک‌بینی Near Sightedness

نظریه Theory

نقطه‌ی ثابت بالایی Upper Fixed Point

نقطه‌ی ثابت پایینی Lower Fixed Point

نور Light

نورافکن Projector

نور مرئی Visible Light

نورهندسی Geometrical Optics

نیرو Force

نیروگاه Power Station (Plant)

نیم‌سایه Penumbra

و

واحد (یکا) Unit

وارونی جانبی Lateral Inversion

واگرا Divergent

وزن Weight

وضع تعادل Equilibrium State

ولت‌سنج Voltmeter

هـ

هسته‌ی اتم Nucleus

هلالی واگرا Divergent Meniscus

هلالی همگرا Convergent Meniscus

ی

یکا (واحد) Unit

فهرست مراجع

1. GCSE Physics, Tom Duncan, John Murray, 2001.

2. Understanding Physics, Robin Millar, Collins Educational, 1994.

3. Physical Processes, Brian Arnold, Hodder & Stoughton, 2001.

4. College Physics, Serway & Faughn, Saunders College Publishing, 2000.

5. Contemporary College physics, Jones & Childers, Mc Graw Hill, 1999.

6. Physics Principles with Applications, Douglas C. Gioncoli, Prentice Hall Int. Editions, 1991.

7. The physics of Every day Phenomena, W. Thomes Griffth, Mc Grow Hill, 2001.

فهرست کتاب‌های برگزیده‌ی سومین جشنواره کتاب رشد، دوره‌ی متوسطه

۱ـ کتاب کار و راهنمای مطالعه‌ی دانش‌آموز، فیزیک (۱) و آزمایشگاه، انتشارات فاطمی

۲ـ فیزیک برای زندگی، تألیف پیتر وارن، انتشارات مبتکران